ИЗЛОЖЕНІЕ

СИСТЕМЫ МІРА.

СОЧИНЕНІЕ

МАРКИЗА ЛАПЛАСА,

ПЕРЕВЕДЕННОЕ

М. С. ХОТИНСКИМЪ.

ТОМЪ ВТОРОЙ.

ИЗДАНІЕ ТОВАРИЩЕСТВА «ОБЩЕСТВЕННАЯ ПОЛЬЗА».

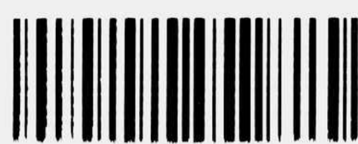
САНКТПЕТЕРБУРГЪ.

1861.

ПЕЧАТАТЬ ПОЗВОЛЯЕТСЯ

съ тѣмъ, чтобы по отпечатаніи представлено было въ Цензурный Комитетъ узаконенное число экземпляровъ. Санктпетербургъ, Апрѣля 15-го дня, 1861 года.

Цензоръ *В. Бекетовъ.*



Въ типографіи Императорской Академіи Наукъ.

ОГЛАВЛЕНІЕ

ВТОРАГО ТОМА.

Стр.

Книга IV. О теоріи всеобщаго тяготѣнія 1

Гл. I. О началѣ всеобщаго тяготѣнія 3
— II. О возмущеніяхъ эллиптическаго движенія планетъ 16
— III. О массахъ планетъ и о тяжести на ихъ поверхностяхъ 29
— IV. О возмущеніяхъ эллиптическаго движенія кометъ 37
— V. О возмущеніяхъ движенія луны 43
— VI. О возмущеніяхъ юпитеровыхъ спутниковъ 66
— VII. О спутникахъ Сатурна и Урана 78
— VIII. О фигурѣ земли и планетъ и о законѣ тяжести на ихъ поверхностяхъ 79
— IX. О фигурѣ сатурнова кольца 108
— X. Объ атмосферахъ небесныхъ тѣлъ 110
— XI. О морскомъ приливѣ и отливѣ 113
— XII. О прочности равновѣсія морей 139
— XIII. О колебаніяхъ атмосферы 141
— XIV. О предвареніи равноденствій и о колебаніи земной оси 148
— XV. О колебаніи (либраціи) луны 159
— XVI. О собственныхъ движеніяхъ звѣздъ 164
— XVII. Размышленія о законѣ всемірнаго тяготѣнія 166
— XVIII. О частичномъ (молекулярномъ) притяженіи 176

Книга V. Очеркъ исторіи астрономіи 234

Гл. I. О древней астрономіи, до основанія александрійской школы 236
— II. Объ астрономіи, со времени основанія александрійской школы до арабовъ 253

Стр.

Гл. III. Астрономія отъ Птолемея до возрожденія своего въ Европѣ 271
— IV. Астрономія въ новѣйшей Европѣ 280
— V. Объ открытіи всемірнаго тяготѣнія 311
— VI. Соображенія относительно системы міра и будущихъ успѣховъ астрономіи 335

Примѣчанія автора:

Примѣчаніе I-ое 355
— II-ое 357
— III-ье 358
— IV-ое 359
— V-ое 363
— VI-ое 364
— VII-ое и послѣднее 365

ПРИМѢЧАНІЯ ПЕРЕВОДЧИКА.

(Особое приложеніе.)

АА. Открытіе Нептуна, какъ подтвержденіе непреложности закона всемірнаго тяготѣнія 383
ББ. Масса Меркурія 384
ВВ. Таблица планетныхъ массъ .... —
ГГ. Плотность земли и планетъ 385
ДД. О необычайной малости кометныхъ массъ 386
ЕЕ. Изслѣдованія французскаго геометра Леверрье надъ орбитою замѣчательной кометы 1770 г. .... —
ЖЖ. Объ аэролитахъ 387
ЗЗ. Рѣшеніе вопроса о теоріяхъ свѣта 403
ИИ. О сплюснутости земли, выведенной изъ градусныхъ измѣреній 406
II. О глубинѣ морей и высотѣ суши .... —
КК. Возрастаніе температуры, по мѣрѣ углубленія внутрь земной коры 408
ЛЛ. О плотности земли 409
ММ. О поступательномъ движеніи солнца и звѣздъ въ пространствѣ .... —
НН и ОО. Обращеніе двойныхъ звѣздъ вокругъ общаго центра тяготѣнія .... —

ИЗЛОЖЕНІЕ

СИСТЕМЫ МІРА.

КНИГА ЧЕТВЕРТАЯ.

О теоріи всеобщаго тяготѣнія.

Opinionum commenta delet dies,
naturae judicia confirmat.
Cic. De Nat. Deor.

Изложивъ, въ предъидущихъ книгахъ, законы небесныхъ движеній и дѣйствія движущихъ силъ, остается еще сравнить ихъ между собою, чтобы узнать силы, побуждающія тѣла солнечной системы, и, не прибѣгая къ ипотезѣ, однимъ рядомъ геометрическихъ сужденій, вознестись къ общему началу тяжести, изъ котораго тѣ законы истекаютъ. Въ небесномъ пространствѣ законы механики могутъ быть наблюдаемы самымъ точнѣйшимъ образомъ, ибо на землѣ такое множество обстоятельствъ осложняютъ ихъ результаты, что весьма трудно бываетъ разобрать ихъ и еще труднѣе подчинить вычисленію. Тѣла солнечной системы, раздѣленныя огромными разстояніями и подверженныя вліянію главной силы, которой дѣйствіе легко вычисляется, возмущаются въ ихъ взаимныхъ движеніяхъ только небольшими силами, такъ что можно обнять общими формулами всѣ измѣненія, которыя теченіе времени произвело и должно произвести въ солнечной систе-

мѣ. Здѣсь нѣтъ рѣчи о причинахъ неопредѣленныхъ, неподверженныхъ анализу и произвольно видоизмѣняемыхъ воображеніемъ, для объясненія явленій. Законъ всемірнаго тяготѣнія представляетъ драгоцѣнныя премущества: онъ подвергается вычисленію и, сравненіемъ результатовъ последняго съ наблюденіями, представляетъ вѣрнѣйшій способъ доказательства существованія этого начала. Мы увидимъ, что этотъ великій законъ природы представляетъ всѣ небесныя явленія въ ихъ мельчайшихъ подробностяхъ; что нѣтъ ни одного изъ ихъ неравенствъ, которое бы не изливалось изъ этого же закона съ удивительною точностію, и что онъ часто предварялъ самыя наблюденія, открывая намъ причины различныхъ странныхъ и необъяснимыхъ движеній, замѣченныхъ астрономами *), но которыя, по ихъ сложности и чрезвычайной медленности, могли быть опредѣлены наблюденіемъ только по прошествіи большаго числа вѣковъ. Благодаря этому закону, эмпиризмъ совершенно изгнанъ изъ астрономіи, которая нынѣ сдѣлалась великою задачею механики, въ которой элементы движенія свѣтилъ, ихъ фигуры и массы суть произвольныя, единственныя необходимыя данныя, которыя должны почерпаться этою наукою изъ наблюденій. Самая глубокая геометрія была необходима для рѣшенія этой задачи и выведенія изъ нея теорій различныхъ небесныхъ явленій. Я собралъ ихъ въ моей «Небесной механикѣ»: поэтому я ограничусь здѣсь изложеніемъ главнѣйшихъ результатовъ этого творенія, указывая путь, которому слѣдовали геометры для ихъ достиженія, и стараясь пояснить ихъ причины, сколько то будетъ возможно, не прибѣгая къ анализу.

*) Однимъ изъ поразительнѣйшихъ примѣровъ сказаннаго Лапласомъ, можетъ служить совершившееся въ наше время и, такъ сказать, на нашихъ глазахъ открытіе Нептуна (АА). *Прим. переводч.*

ГЛАВА ПЕРВАЯ.

О НАЧАЛѢ ВСЕОБЩАГО ТЯГОТѢНІЯ.

Между явленіями солнечной системы, эллиптическое движеніе планетъ и кометъ, кажется, удобнѣйшимъ образомъ поведетъ насъ къ общему закону силъ ее одушевляющихъ. Наблюденіе показало, что площади, описанныя вокругъ солнца радіусами-векторами планетъ и кометъ, пропорціональны временамъ; а мы видѣли, въ предъидущей книгѣ, что для этого нужно, чтобы сила, безпрерывно совращающая каждое изъ этихъ тѣлъ съ прямой линіи, была постоянно направлена къ началу радіусовъ-векторовъ. Поэтому, стремленіе планетъ и кометъ къ солнцу есть необходимое слѣдствіе пропорціональности площадей, описаныхъ радіусами-векторами, къ временамъ, въ которыя онѣ описаны.

Для опредѣленія закона этого стремленія, предположимъ, что планеты движутся по круговымъ орбитамъ, что и дѣйствительно близко къ истинѣ. Тогда ихъ дѣйствительныя скорости пропорціональны квадратамъ радіусовъ тѣхъ орбитъ, раздѣленнымъ на квадраты временъ ихъ обращеній; а такъ какъ, по законамъ Кеплера, квадраты этихъ временъ относятся между собою какъ кубы тѣхъ же радіусовъ, то квадраты скоростей обратно пропорціональны этимъ радіусамъ. Мы выше видѣли, что центральныя силы различныхъ тѣлъ движущихся кругообразно относятся какъ квадраты скоростей, раздѣленные на радіусы описанныхъ окружностей; слѣдовательно, стремленія планетъ къ солнцу обратно пропорціональны квадратамъ радіусовъ ихъ орбитъ, предположенныхъ круговыми. Правда, эта ипотеза не въ строгости точна, но, такъ какъ постоянное отношеніе квадратовъ временъ обращеній къ кубамъ

большихъ осей орбитъ независимо отъ эксцентрицитетовъ, то естественно допустить, что оно будетъ существовать и въ томъ случаѣ когда орбиты будутъ круговыя. Такимъ образомъ, законъ тяготѣнія къ солнцу, обратно пропорціональный квадратамъ разстояній, ясно указывается этимъ отношеніемъ.

Аналогія заставляетъ насъ думать, что этотъ законъ, простирающійся отъ одной планеты на другую, существуетъ равномѣрно для той же планеты, въ ея различныхъ разстояніяхъ отъ солнца. Ея эллиптическое движеніе не оставляетъ въ этомъ отношеніи ни малѣйшаго сомнѣнія. Чтобы показать это, прослѣдимъ за сказаннымъ движеніемъ планеты, начиная отъ ея перигелія. Ея скорость тогда наибольшая и ея стремленіе отдалиться отъ солнца превозмогаетъ ея тяготѣніе къ солнцу, почему радіусъ векторъ увеличивается и составляетъ тупые углы съ направленіемъ ея движенія. Тяготѣніе къ солнцу, разложенное по этому направленію, уменьшаетъ все болѣе и болѣе скорость, пока планета не достигнетъ афелія. Въ этой точкѣ радіусъ векторъ дѣлается вновь перпендикулярнымъ къ кривой: скорость дѣлается наименьшею, а стремленіе удалиться отъ солнца слабѣе солнечнаго притяженія, почему планета будетъ къ нему приближаться, описывая вторую половину своего эллипса. Въ этой половинѣ, тяготѣніе къ солнцу увеличиваетъ скорость, точно какъ прежде оно ее уменьшало: планета возвращается къ перигелію и вновь начинаетъ обращеніе подобное предшествовавшему. Такъ какъ кривизна эллипса одинакова въ перигеліѣ и афеліѣ, радіусы развертыванія въ нихъ одинаковы и, слѣдовательно, центробѣжныя силы въ этихъ точкахъ относятся между собою какъ квадраты скоростей. Секторы, описанные въ тотъ же элементъ времени, будучи равны, скорости перигелія и афелія относятся взаимно

какъ соотвѣтствующія разстоянія планеты отъ солнца. Слѣдовательно, квадраты этихъ скоростей будутъ обратно пропорціональны квадратамъ тѣхъ же разстояній. А такъ какъ, въ перигеліѣ и въ афеліѣ, центробѣжныя силы въ развертывающихся окружностяхъ очевидно равны тяготѣніямъ планеты къ солнцу, то тяготѣнія будутъ обратно пропорціональны квадратамъ разстояній отъ послѣдняго свѣтила.

Такимъ образомъ, теоремы Гюйгенса о центробѣжной силѣ были достаточны для узнанія закона стремленія планетъ къ солнцу, потому что чрезвычайно вѣроятно законъ, имѣющій мѣсто отъ одной планеты къ другой и истинный для каждой планеты, въ перигеліѣ и въ афеліѣ, распространяется на всѣ точки планетныхъ орбитъ и вообще на всѣ разстоянія отъ солнца. Но чтобы убѣдиться въ томъ неопровержимымъ образомъ, нужно было получить выраженіе силы, которая, направленная къ фокусу эллипса, заставляетъ верженное тѣло описывать эту кривую. Ньютонъ нашелъ, что въ самомъ дѣлѣ, сила эта обратно пропорціональна квадрату радіуса вектора. Нужно было еще строго доказать, что тяготѣніе къ солнцу измѣняется отъ одной планеты къ другой только соотвѣтственно ихъ разстояній отъ того свѣтила. Великій англійскій геометръ показалъ, что это слѣдуетъ изъ закона квадратовъ временъ обращеній, пропорціональныхъ кубамъ большихъ осей орбитъ. Если предположить всѣ планеты въ покоѣ, на одинаковомъ разстояніи отъ солнца, и предоставить ихъ влеченію собственнаго тяготѣнія къ его центру, то всѣ онѣ спустятся съ одинаковыхъ высотъ въ равныя времена. Этотъ результатъ должно распространить и на кометы, хотя большія оси ихъ орбитъ намъ неизвѣстны; потому что, во второй книгѣ, мы видѣли, что величина площадей описанныхъ ихъ радіусами векторами

предполагаетъ законъ квадратовъ временъ ихъ обращеній, пропорціональныхъ кубамъ тѣхъ осей.

Анализъ, который въ своихъ обобщеніяхъ обнимаетъ все, что можетъ слѣдовать изъ даннаго закона, показываетъ намъ, что не только эллипсъ, но и всякое коническое сѣченіе можетъ быть описано вслѣдствіе силы удерживающей планеты въ ихъ орбитахъ. Слѣдовательно, комета можетъ двигаться по иперболѣ; но тогда она будетъ видима только однажды и, послѣ своего появленія, станетъ удаляться за предѣлы солнечной системы, приближаться къ новымъ солнцамъ и отъ нихъ также удаляться, пробѣгая послѣдовательно различныя системы разсѣянныя въ безпредѣльности небесъ. Принимая въ соображеніе безконечное разнообразіе природы, весьма вѣроятно, что подобныя свѣтила существуютъ. Ихъ появленія должны случаться весьма рѣдко, и мы несравненно чаще наблюдаемъ кометы, которыя, двигаясь по сходящимся орбитамъ, возвращаются, послѣ болѣе или менѣе долгихъ промежутковъ времени, въ пространства близкія къ солнцу.

Спутники, подобно ихъ планетамъ, ощущаютъ также влеченіе къ дневному свѣтилу. Если бы луна не была подвержена его дѣйствію, то, вмѣсто описыванія почти круговой орбиты вокругъ земли, она, со временемъ, отдѣлилась бы отъ нея. Если бы нашъ спутникъ и спутники Юпитера не привлекались бы солнцемъ, по тому же закону какъ притягиваются планеты, то, въ ихъ движеніяхъ, произошли бы чувствительныя неравенства, которыхъ мы не открываемъ наблюденіемъ. Слѣдовательно, кометы, планеты и спутники подвержены одинаковому закону тяготѣнія къ солнцу. Въ тоже время какъ спутники движутся вокругъ ихъ планеты, цѣлая система планетъ и ихъ спутниковъ, общимъ движеніемъ удерживается и уносится въ пространствѣ вокругъ солнца. Такимъ образомъ, относи-

тельное движеніе планеты и ея спутниковъ почти таково, какъ если бы планета находилась въ покоѣ и не претерпѣвала никакого посторонняго вліянія.

И такъ, безъ всякой ипотезы и необходимымъ слѣдствіемъ законовъ небесныхъ движеній, мы приведены къ заключенію, что въ солнечномъ центрѣ находится фокусъ силы неопредѣленно распространяющейся въ пространствѣ, уменьшаясь пропорціонально квадратамъ разстояній и одинаково притягивающей всѣ тѣла. Каждый изъ законовъ Кеплера открываетъ намъ одно изъ свойствъ этой притягательной силы. Законъ площадей пропорціональныхъ временамъ показываетъ намъ, что эта сила постоянно направляется къ центру солнца. Эллиптическая фигура планетныхъ орбитъ доказываетъ, что та же сила уменьшается по мѣрѣ возрастанія квадратовъ разстояній. Наконецъ, законъ квадратовъ временъ обращенія, пропорціональныхъ кубамъ большихъ осей, учитъ насъ тому, что тяготѣніе всѣхъ тѣлъ къ солнцу одинаково при равенствѣ разстояній.

Мы назовемъ это тяготѣніе *солнечнымъ притяженіемъ*, потому что, не зная его причины, мы, по обычному геометрамъ предположенію, можемъ допустить, что эта сила происходитъ отъ притягательной способности, существующей въ самомъ солнцѣ.

Такъ какъ неизбѣжныя погрѣшности наблюденій и небольшія уклоненія отъ правильности эллиптическаго движенія планетъ допускаютъ нѣкоторую неувѣренность въ точности результатовъ извлеченныхъ нами изъ этого движенія, то можно бы сомнѣваться, что солнечное притяженіе въ точности уменьшается обратно пропорціонально квадрату разстояній. Но если бы оно хотя немного уклонилось отъ этого закона, то разность въ движеніяхъ перигеліевъ планетныхъ орбитъ сдѣлалась бы очень чувстви-

тельною. Перигелій земной орбиты имѣлъ бы годичное движеніе въ 200″, если бы увеличить только на одну десятитысячную разстояніе на которомъ солнечное притяженіе обратно пропорціонально. Это движеніе, согласно наблюденіямъ, простирается только до 36″4, и мы ниже узнаемъ тому причину; слѣдовательно, законъ притяженія обратно пропорціональный квадрату разстоянія, по крайней мѣрѣ чрезвычайно приблизителенъ и по своей отличной простотѣ долженъ быть допущенъ до тѣхъ поръ пока наблюденія не заставятъ отъ него отказаться. Безъ сомнѣнія, простоту законовъ природы не должно измѣрять легкостію постиженія ихъ нашимъ умомъ; но когда тѣ, которые намъ кажутся простѣйшими, вполнѣ согласуются со всѣми явленіями, мы основательно можемъ считать ихъ точными.

Притяженіе спутниковъ къ центру ихъ планеты составляетъ необходимый результатъ пропорціональности площадей, описанныхъ ихъ радіусами векторами, къ временамъ употребляемымъ для описанія; а законъ уменьшенія упомянутой силы соотвѣтственно квадрату разстояній указывается эллиптичностью орбитъ спутниковъ. Эта эллиптичность мало чувствительна въ орбитахъ спутниковъ Юпитера, Сатурна и Урана, почему довольно затруднительно доказать законъ уменьшенія притяженія движеніемъ каждаго спутника. Но постоянное отношеніе квадратовъ временъ ихъ обращеній къ кубамъ большихъ осей ихъ орбитъ очевидно указываетъ на упомянутый выше законъ, показывая намъ, что, отъ одного спутника къ другому, притяженіе къ планетѣ обратно пропорціонально квадратамъ ихъ разстояній отъ планетнаго центра.

Земля, имѣющая только одного спутника, не можетъ представить подобнаго доказательства; но оно можетъ замѣниться слѣдующими соображеніями.

Притяженіе простирается на вершины высочайшихъ горъ и незначительное его тамъ уменьшеніе не позволяетъ сомнѣваться, что и на гораздо бо́льшихъ высотахъ дѣйствіе его будетъ также чувствительно. Весьма естественно распространить такое дѣйствіе до луны и полагать что это свѣтило удерживается въ своей орбитѣ притяженіемъ къ землѣ, точно также какъ планеты удерживаются въ своихъ орбитахъ притяженіемъ солнца. Въ самомъ дѣлѣ, обѣ эти силы, повидимому, одинаковаго свойства: обѣ онѣ проникаютъ существенныя частички матеріи и одариваютъ ихъ одинаковыми скоростями, при одинаковости массъ. Мы видѣли, что солнечное притяженіе одинаково побуждаетъ всѣ тѣла, находящіяся на равныхъ разстояніяхъ отъ солнца; точно также земное притяженіе побуждаетъ всѣ тѣла падать, въ пустотѣ, съ одинаковыхъ высотъ, съ одинаковою скоростію.

Тяжелое тѣло, сильно брошенное, по горизонтальному направленію, съ значительной высоты, упадетъ въ извѣстномъ разстояніи на землю, описавъ параболическую кривую; и если бы скорость его движенія была около семи тысячъ метровъ въ секунду и не уменьшалась бы отъ сопротивленія атмосфернаго воздуха, то упомянутое тѣло не упало бы на землю, а обращалось бы вокругъ нея въ видѣ спутника, потому что тогда центробѣжная сила тѣла сравнялась бы съ его тяжестію. Чтобы сдѣлать изъ такого брошеннаго тѣла вторую луну, нужно только поднять его на высоту сказаннаго свѣтила и сообщить ему тоже самое движеніе верженія.

Но тожественность стремленія луны къ землѣ съ силою тяжести доказывается окончательно тѣмъ, что для полученія этого стремленія достаточно уменьшить земную тяжесть сообразно общему закону притягательныхъ силъ небесныхъ тѣлъ.

Мы войдемъ здѣсь въ подробности, приличныя важности такого предмета.

Сила, ежеминутно уклоняющая луну отъ касательной ея орбиты, заставляетъ ее пробѣгать, въ каждую секунду, разстояніе равное синусу-верзусу дуги описываемой ею въ тоже самое время; потому что этотъ синусъ есть количество, на которое луна, въ концѣ секунды, удалилась отъ направленія, которое она имѣла въ началѣ той секунды. Его можно опредѣлить разстояніемъ луны отъ земли, даваемымъ, помощію луннаго параллакса, въ частяхъ земнаго радіуса. Но, чтобы получить результатъ независимый отъ неравенствъ движенія луны, нужно взять, за ея средній параллаксъ, часть этого параллакса независимую отъ тѣхъ неравенствъ и соотвѣтствующую большой полуоси луннаго эллипса. Бургъ, изъ совокупленія большаго числа наблюденій, опредѣлилъ лунный параллаксъ, и изъ этого опредѣленія слѣдуетъ, что сейчасъ упомянутая нами часть составляетъ 10541″, на параллели которой квадратъ синуса широты равенъ $^1/_2$. Мы избрали эту параллель потому, что притяженіе земли, на соотвѣтственныхъ точкахъ ея поверхности, весьма приблизительно, какъ и на разстояніи луны, равно массѣ земли раздѣленной на квадратъ ея разстоянія отъ ея центра тяжести. Радіусъ, проведенный отъ произвольной точки этой параллели къ центру тяжести земли равенъ 6369809 метрамъ. Изъ этого легко заключить, что сила, влекущая луну къ землѣ, заставляетъ ее падать въ одну секунду на $0^{м}$,00101728. Мы далѣе увидимъ, что дѣйствіе солнца уменьшаетъ лунное притяженіе на 358-ую его часть; слѣдовательно должно предшествующую высоту увеличить на $^1/_{358}$, чтобы сдѣлать ее независимою отъ дѣйствія солнца, и тогда она будетъ $= 0^{м}$·00102012. Но, въ своемъ относительномъ движеніи вокругъ земли, луна побуждается силою равною

суммѣ массъ земли и луны, раздѣленной на квадратъ ихъ взаимнаго разстоянія. Такимъ образомъ, чтобы получить высоту, на которую луна падала бы въ одну секунду однимъ дѣйствіемъ земли, нужно помножить предшествующее разстояніе на отношеніе массы земли къ суммѣ массъ земли и луны. Совокупность явленій, зависящихъ отъ дѣйствія луны, дала мнѣ массу этого свѣтила $= ^1/_{75}$ массы земли; помножая упомянутое разстояніе на $^{75}/_{76}$, получимъ $0^{м}$,0010067 для высоты, на которую притяженіе земли заставляетъ падать луну, въ теченіе одной секунды.

Сравнимъ эту высоту съ выводимою изъ наблюденій маятника. На взятой нами параллели, высота на которую тяжесть заставляетъ падать тѣла въ первую секунду (см. XIV главу первой книги) равна $3^{м}$,65631. Но, на этой параллели, притяженіе земли менѣе тяжести тѣлъ на двѣ трети центробѣжной силы происходящей отъ вращательнаго движенія на экваторѣ, а эта сила составляетъ $^1/_{288}$ тяжести; слѣдовательно, должно увеличить сказанное выше пространство на его 432 часть, для полученія пространства зависящаго отъ дѣйствія одной только земли, дѣйствія, которое на этой параллели равно массѣ планеты раздѣленной на квадратъ ея радіуса. Величина того пространства будетъ, такимъ образомъ, равна $3^{м}$,66477. На разстояніи луны, она должна быть уменьшена въ отношеніи квадрата радіуса земнаго сфероида къ квадрату разстоянія этого свѣтила; и очевидно, что для этого достаточно умножить ее на квадратъ синуса луннаго параллакса или на 10541″. Слѣдовательно, мы получимъ $0^{м}$,00100464, для высоты на которую луна должна падать въ одну, секунду притяженіемъ земли.

Эта высота, полученная изъ опытовъ надъ маятникомъ, чрезвычайно мало разнится отъ выведенной изъ прямыхъ наблюденій параллакса, и чтобы совершенно уравнять ихъ,

достаточно измѣнить примѣрно на 2″ выше-выведенную величину. Такъ какъ это малое измѣненіе не выходитъ изъ предѣловъ погрѣшностей наблюденій и элементовъ употребленныхъ для вычисленія, то несомнѣнно главная сила, удерживающая луну въ ея орбитѣ, есть земная тяжесть ослабленная соотвѣтственно квадрату разстоянія.

Такимъ образомъ, законъ уменьшенія тяжести, который для планетъ, сопровождаемыхъ многими спутниками, доказывается сравненіемъ ихъ разстояній съ временами ихъ обращеній, доказанъ для луны сравненіемъ ея движенія съ движеніемъ тѣлъ, бросаемыхъ на поверхности земли. Наблюденія маятника на вершинахъ горъ уже указывали на уменьшеніе земной тяжести; но ихъ было недостаточно для открытія закона этого уменьшенія, ибо возвышенія вершинъ высочайшихъ горъ все-таки чрезвычайно малы въ сравненіи съ земнымъ радіусомъ. Необходимо было взять отдаленное отъ насъ свѣтило, напримѣръ луну, для сдѣланія того закона весьма чувствительнымъ и для убѣжденія насъ, что тяжесть на землѣ есть не что иное, какъ частный случай силы распространенной въ цѣлой вселенной.

Каждое явленіе бросаетъ новый свѣтъ на законы природы и подтверждаетъ ихъ. Такъ, сравненіе опытовъ надъ тяжестію съ луннымъ движеніемъ, ясно показываетъ, что исходную точку разстояній должно становить въ центрахъ тяжести солнца и планетъ, при вычисленіи ихъ притягательныхъ силъ; потому что, очевидно, это существуетъ относительно земли, которой притягательная сила имѣетъ тоже свойство, какъ подобныя силы солнца и планетъ.

Сильная аналогія заставляетъ насъ распространить это притягательное качество на планеты несопровождаемыя спутниками. Шаровидность, общая всѣмъ этимъ тѣламъ, очевидно указываетъ что частички ихъ соединены около

ихъ центровъ тяжести силою, которая на равныхъ разстояніяхъ побуждаетъ ихъ одинаково къ упомянутымъ точкамъ. Эта сила обнаруживается еще въ возмущеніяхъ, производимыхъ ею въ планетныхъ движеніяхъ; но слѣдующее соображеніе не оставляетъ ни малѣйшаго сомнѣнія касательно ея существованія.

Мы видѣли, что если бы планеты и кометы находились на одинаковомъ разстояніи отъ солнца, ихъ тяготѣнія къ этому свѣтилу были бы пропорціональны ихъ массамъ. По общему закону природы, всякое дѣйствіе противуположно по направленію и равно противудѣйствію: поэтому, всѣ упомянутыя тѣла дѣйствуютъ взаимно на солнце и притягиваютъ его въ отношенія своихъ массъ; слѣдовательно, они одарены притягательною силою прямо пропорціальною ихъ массамъ и обратно квадрату разстояній. По тому же началу, спутники притягиваютъ планеты и солнце, слѣдуя сказанному закону. Такимъ образомъ, притягательная способность есть общее свойство всѣхъ небесныхъ тѣлъ.

Она не возмущаетъ эллиптическаго движенія планеты вокругъ солнца, если только разсматривать ихъ взаимное дѣйствіе. Въ самомъ дѣлѣ, относительное положеніе тѣлъ системы не измѣняется, если имъ сообщаютъ общую скорость. Сообщая, въ противуположномъ направленіи, солнцу и планетѣ движеніе перваго изъ этихъ тѣлъ и дѣйствіе претерпѣваемое имъ отъ послѣдняго, солнце можетъ быть разсматриваемо какъ неподвижное тѣло. Но тогда планета будетъ побуждаема къ нему силою обратно пропорціональною квадрату разстояній и прямо пропорціональною суммѣ ихъ массъ. Поэтому, движеніе планеты вокругъ солнца будетъ эллиптическое; и тоже самое разсужденіе намъ показываетъ, что оно будетъ таково и въ томъ случаѣ, если система планеты и солнца будетъ уносима об-

щимъ движеніемъ въ пространствѣ. Точно также видно, что эллиптическое движеніе спутника не возмущается поступательнымъ движеніемъ его планеты и не возмутится дѣйствіемъ солнца, если послѣднее (дѣйствіе) будетъ совершенно одинаково для планеты и спутника.

Впрочемъ, дѣйствіе планеты на солнце имѣетъ вліяніе на время ея обращенія, которое укорачивается при увеличеніи массы планеты; такъ что отношеніе куба большой оси орбиты къ квадрату времени обращенія пропорціонально суммѣ массъ солнца и планеты. А такъ какъ это отношеніе весьма приблизительно одинаково для всѣхъ планетъ, то массы ихъ, въ сравненіи съ массою солнца, должны быть очень малы. Тоже самое равнымъ образомъ справедливо для спутниковъ, при сравненіи ихъ съ ихъ центральною планетою и подтверждается объемами этихъ различныхъ тѣлъ.

Притягательная способность небесныхъ тѣлъ принадлежитъ не только ихъ массамъ, но и каждой изъ ихъ частичекъ въ отдѣльности. Если солнце дѣйствовало бы только на земной центръ, не притягивая отдѣльно каждую изъ земныхъ частичекъ, то въ океанѣ происходили бы колебанія несравненно большія и весьма отличныя отъ нынѣ существующихъ: слѣдовательно, тяготѣніе земли къ солнцу составляетъ результатъ тяжести всѣхъ этихъ частичекъ, которыя взаимно притягиваютъ солнце въ отношеніяхъ ихъ взаимныхъ массъ. Впрочемъ, каждое тѣло на землѣ тяготѣетъ къ центру этой планеты пропорціонально его массѣ и, обратно, на столько же взаимно притягиваетъ планету. Если бы этого не было, и какая либо, хотя самомалѣйшая частичка земли не притягивалась другими и не притягивала ихъ къ себѣ взаимно, то центръ тяжести земли двигался бы въ пространствѣ вслѣдствіе закона тяжести, чего допустить невозможно.

Такимъ образомъ небесныя явленія, сравненныя съ законами движенія, приводятъ насъ къ великому закону природы, именно:

«Всѣ частички матеріи взаимно притягиваются въ прямомъ отношеніи массъ и въ обратномъ квадратовъ разстояній».

Въ этомъ всемірномъ тяготѣніи проглядываетъ уже причина, возмущающая эллиптическія движенія. Такъ какъ планеты и кометы подчинены взаимнымъ вліяніямъ, то онѣ должны нѣсколько уклоняться отъ законовъ упомянутаго движенія, которымъ бы они въ точности слѣдовали, если бы повиновались только одному дѣйствію солнца. Спутники также уклоняются отъ этихъ законовъ, вслѣдствіе возмущенія ихъ движеній, вокругъ центральной планеты, дѣйствіями взаимными и солнечными. Мы видимъ еще, что частички каждаго небеснаго тѣла, соединенныя взаимнымъ притяженіемъ, должны составлять почти шаровидную массу; и что сложенное ихъ дѣйствіе на поверхности тѣла представляетъ тамъ всѣ явленія тяжести. Очевидно также, что вращательное на оси движеніе небесныхъ тѣлъ должно немного видоизмѣнить шаровидность ихъ фигуры и приплюснуть ее у полюсовъ: тогда слагающая ихъ взаимныхъ дѣйствій, проходя не въ точности чрезъ ихъ центры тяжести, должна производить, въ ихъ осяхъ вращенія, движенія подобныя тѣмъ, которыя въ нихъ замѣчены наблюдателями. Наконецъ, мы видимъ, что частички океана, не одинаково притягиваемыя солнцемъ и луною, должны имѣть колебательное движеніе въ родѣ морскаго прилива и отлива. Но эти различныя проявленія общаго начала тяготѣнія, для пріобрѣтенія возможно полной несомнѣнности физическихъ истинъ, требуютъ дальнѣйшаго развитія.

ГЛАВА ВТОРАЯ.

О ВОЗМУЩЕНІЯХЪ ЭЛЛИПТИЧЕСКАГО ДВИЖЕНІЯ ПЛАНЕТЪ.

Если бы планеты повиновались одному только дѣйствію солнца, то описывали бы вокругъ этого свѣтила эллиптическія орбиты. Но онѣ дѣйствуютъ еще взаимно одна на другую, и изъ этихъ взаимныхъ притяженій происходятъ въ ихъ эллиптическихъ движеніяхъ возмущенія замѣченныя наблюдателями: эти-то возмущенія необходимо опредѣлить, чтобы получить точныя таблицы планетныхъ движеній. Строгое рѣшеніе этой задачи превосходитъ настоящія средства анализа, такъ что мы принуждены прибѣгать къ приближеніямъ. Къ счастію, малость планетныхъ массъ въ сравненіи съ солнечною, незначительность эксцентрицитета и взаимнаго наклоненія бóльшей части ихъ орбитъ, весьма облегчаютъ этотъ вопросъ. Не смотря на это, онъ все еще очень сложенъ, и необходимъ самый тонкій и деликатный анализъ для различенія, въ безконечномъ множествѣ планетныхъ неравенствъ, тѣхъ изъ нихъ, которыя оказываются чувствительными, и затѣмъ опредѣлить ихъ величины.

Возмущенія эллиптическаго движенія планетъ могутъ быть раздѣлены на два весьма отличные вида. *Первыя* дѣйствуютъ на элементы эллиптическаго движенія и возрастаютъ съ чрезвычайною медленностію: ихъ называютъ *вѣковыми неравенствами. Вторыя* зависятъ отъ взаимнаго положенія планетъ, какъ въ отношеніи одной къ другой, такъ и въ отношеніи ихъ узловъ и перигелій и вознаграждаются каждый разъ когда тѣ положенія возвращаются къ прежнему порядку: они получили названіе *періодическихъ неравенствъ*, для различія отъ неравенствъ вѣковыхъ, также періодическихъ, но которыхъ несравненно

должайшіе періоды независимы отъ взаимныхъ положеній планетъ.

Простѣйшій способъ разсматриванія этихъ различныхъ возмущеній состоитъ въ представленіи себѣ воображаемой планеты, движимой, согласно законамъ эллиптическаго движенія, по эллипсу, котораго элементы измѣняются нечувствительными оттѣнками; а, съ тѣмъ вмѣстѣ, въ допущеніи, что истинная планета колеблется вокругъ воображаемой, въ весьма малой орбитѣ, которой свойство зависитъ отъ ея періодическихъ возмущеній.

Разсмотримъ сперва вѣковыя неравенства, которыя, развиваясь съ теченіемъ вѣковъ, со временемъ должны измѣнить форму и положеніе всѣхъ планетныхъ орбитъ. Важнѣйшее изъ этихъ неравенствъ можетъ имѣть вліяніе на среднія движенія планетъ. Сравнивая между собою наблюденія, сдѣланныя со временъ возобновленія астрономіи, движеніе Юпитерово кажется быстрѣе, а Сатурново медленнѣе чѣмъ движенія выводимыя изъ сравненій тѣхъ наблюденій съ древнѣйшими. Изъ этого астрономы заключили, что первое изъ этихъ движеній, изъ вѣка въ вѣкъ, ускоряется, а второе точно также замедляется; а чтобы принять въ соображеніе эти измѣненія, они ввели въ таблицы обѣихъ планетъ два вѣковыя уравненія, возрастающія какъ квадраты временъ, изъ коихъ одно прибавляется къ среднему движенію Юпитера, а второе вычитается изъ средняго движенія Сатурна. Слѣдуя Галлею, вѣковое уравненіе Юпитера было 106″, для перваго вѣка, начиная съ 1700 года; а соотвѣтствующее уравненіе Сатурна = 256″94. Весьма естественно было отыскивать ихъ причину во взаимномъ дѣйствіи этихъ планетъ, наибольшихъ въ нашей системѣ.

Эйлеръ, первый занявшійся этимъ предметомъ, нашелъ вѣковое уравненіе равное для обѣихъ планетъ и долженъ-

ствующее быть приложеннымъ къ ихъ среднимъ движеніямъ; что противурѣчитъ наблюденіямъ. Потомъ, Лагранжъ получилъ результаты болѣе сходные съ наблюденіями. Далѣе, другіе геометры нашли другія уравненія. Пораженный такими разностями, я снова разсмотрѣлъ этотъ предметъ съ величайшимъ тщаніемъ и достигнулъ до истиннаго аналитическаго выраженія вѣковаго движенія планетъ. Подставляя въ нихъ числовыя величины количествъ, относящихся къ Юпитеру и къ Сатурну, я съ удивленіемъ увидѣлъ, что они равняются нулю. Это заставило меня подозрѣвать, что тутъ не представляется случай частный этимъ планетамъ и что если это выраженіе представить въ возможно простѣйшей формѣ, приводя къ наименьшему числу различныя количества въ немъ заключающіяся, помощію существующихъ между ними отношеній, то всѣ эти члены взаимно уничтожатся. Вычисленіе подтвердило это подозрѣніе и показало мнѣ, что среднія движенія планетъ и ихъ среднія разстоянія отъ солнца не измѣняются, по крайней мѣрѣ въ томъ случаѣ, если пренебречь четвертыя степени эксцентрицитетовъ и наклоненій орбитъ и квадраты возмущающихъ массъ, что болѣе чѣмъ достаточно для настоящихъ потребностей астрономіи.

Впослѣдствіи, Лагранжъ подтвердилъ этотъ результатъ показавъ, прекрасною методою, что онъ справедливъ даже въ тѣхъ случаяхъ когда принимаются въ разсужденіе степени и произведенія произвольнаго порядка эксцентрицитетовъ и наклоненій. Наконецъ, Пуассонъ показалъ ученымъ анализомъ, что тотъ же самый результатъ будетъ существовать если распространить приближенія на квадраты и на произведенія массъ планетъ. Такимъ образомъ измѣненія, замѣченныя наблюдателями въ среднихъ движеніяхъ Юпитера и Сатурна, не зависитъ отъ ихъ вѣковыхъ неравенствъ.

Неизмѣняемость среднихъ движеній планеты и большихъ осей ихъ орбитъ представляетъ одно изъ замѣчательнѣйшихъ явленій системы міра. Всѣ другіе элементы планетныхъ эллипсовъ измѣняются: эти эллипсы нечувствительно приближаются къ круговой формѣ или отъ нея удаляются; также увеличиваются или уменьшаются ихъ наклоненія къ постоянной плоскости и къ эклиптикѣ; ихъ перигеліи и узлы движутся. Эти измѣненія, производимыя взаимнымъ дѣйствіемъ планетъ, совершаются съ такою медленностью, что въ теченіе многихъ вѣковъ они весьма близко пропорціональны временамъ. Ихъ уже замѣтили наблюденіями. Мы видѣли въ первой книгѣ, что перигелій земной орбиты имѣетъ нынѣ годичное прямое движеніе въ 36″, и что вѣковое уменьшеніе наклоненія этой орбиты къ экватору составляетъ 148″. Эйлеръ первый развилъ причину этого уменьшенія, которую нынѣ всѣ планеты производятъ сообща взаимнымъ положеніемъ плоскостей ихъ орбитъ. Эти измѣненія земной орбиты произвели совпаденіе перигелія солнца съ весеннимъ равноденствіемъ, въ эпоху до которой мы можемъ достигнуть анализомъ и которую я помѣстилъ въ 4089 году до нашего лѣтосчисленія. Весьма замѣчательно, что эта астрономическая эпоха весьма приблизительно та самая, къ которой большая часть хронологовъ относитъ созданіе міра. Древнія наблюденія недостаточно точны, а новѣйшія еще слишкомъ близки между собою для того, чтобы съ точностію опредѣлить количество великихъ измѣненій планетныхъ орбитъ. Однакожъ, они совокупно доказываютъ ихъ существованіе и указываютъ что ходъ ихъ есть именно тотъ, который истекаетъ изъ закона всемірной тяжести. Такимъ образомъ, можно бы теоріею предупре-

дить наблюденія и опредѣлить истинныя величины вѣковыхъ планетныхъ неравенствъ, если бы были даны ихъ массы; а однимъ изъ важнѣйшихъ способовъ къ ихъ полученію будетъ развитіе этихъ неравенствъ въ теченіе вѣковъ. Тогда можно будетъ мыслію достигнуть до послѣдовательныхъ измѣненій, испытанныхъ планетною системою и можно будетъ предвидѣть тѣ, которыя представятся наблюдателямъ будущихъ вѣковъ. Геометръ, въ своихъ формулахъ, обниметъ тогда однимъ взглядомъ всѣ прошедшія и будущія состоянія системы.

Здѣсь представляется нѣсколько интересныхъ вопросовъ.

Планетные эллипсы всегда ли были и всегда ли будутъ кругоподобными?

Нѣкоторыя изъ планетъ не были ли первоначально кометами, которыхъ орбиты мало по малу приближались къ круговой линіи, притяженіемъ другихъ планетъ?

Уменьшеніе наклоненія эклиптики будетъ ли продолжаться до тѣхъ поръ, пока она сольется съ экваторомъ, отъ чего произошло бы постоянное равенство дней и ночей на всей землѣ?

Анализъ удовлетворительнымъ образомъ отвѣчаетъ на всѣ эти вопросы. Я успѣлъ доказать что, каковы бы ни были массы планетъ, по тому уже, что всѣ онѣ движутся по одному направленію, въ орбитахъ мало эксцентрическихъ и мало наклоненныхъ между собою, ихъ вѣковыя неравенства періодичны и заключаются въ тѣсныхъ предѣлахъ; такъ что система ограничивается колебаніями вокругъ средняго положенія, отъ котораго она удаляется только на весьма малое количество. Поэтому, планетные эллипсы всегда были и будутъ всегда почти кругообразными; откуда слѣдуетъ, что ни одна планета не была первоначально кометою, по крайней мѣрѣ, если принимать

въ соображеніе только взаимное дѣйствіе тѣлъ планетной системы. Эклиптика никогда не совпадаетъ съ экваторомъ и полная величина измѣненій ея наклоненія не можетъ превзойти трехъ градусовъ.

Движенія планетныхъ орбитъ и звѣздъ приведутъ, со временемъ, астрономовъ въ затрудненіе, когда они будутъ стараться сравнивать точныя наблюденія, раздѣленныя долгими промежутками времени. Уже теперь это затрудненіе начинаетъ становится чувствительнымъ; поэтому интересно имѣть возможность находить, посреди всѣхъ этихъ измѣненій, плоскость постоянную или сохраняющую всегда параллельное положеніе. Въ концѣ предшествующей книги мы изложили простой способъ опредѣленія подобной плоскости въ движеніи системы тѣлъ, подверженныхъ исключительно взаимному ихъ дѣйствію. Этотъ способъ, приложенный къ солнечной системѣ, даетъ слѣдующее правило:

«Если, въ произвольный моментъ и на плоскости про-
«ходящей чрезъ центръ солнца, провести отъ этой точки
«прямыя къ восходящимъ узламъ планетныхъ орбитъ съ
«послѣднею плоскостію; если взять на этихъ прямыхъ,
«начиная отъ центра солнца, линіи представляющія каса-
«тельныя наклоненія орбитъ къ той плоскости; если пред-
«положить, потомъ, на оконечностяхъ этихъ линій массы,
«пропорціональныя массамъ планетъ, взаимно умноженныя
«на квадратные корни параметровъ орбитъ и на косинусы
«ихъ наклоненій; наконецъ, если опредѣлить центръ тя-
«жести этой новой системы массъ; то прямая, проведенная
«отъ этой точки къ центру солнца, представитъ касатель-
«ную наклоненія неизмѣнной плоскости къ плоскости дан-
«ной. А продолживъ ее за эту точку до неба, она означитъ
«тамъ положеніе своего восходящаго узла».

Каковы бы ни были измѣненія, произведенныя рядомъ

вѣковъ въ планетныхъ орбитахъ и въ плоскости, къ которой ихъ относятъ, плоскость, опредѣленная этимъ правиломъ, всегда сохраняетъ параллельное положеніе. Правда, положеніе ея зависитъ отъ планетныхъ массъ; но онѣ вскорѣ будутъ достаточно извѣстны чтобы опредѣлить ее съ точностію. Принимая величины этихъ массъ, показанныя нами въ слѣдующей главѣ, мы найдемъ, что долгота восходящаго узла неизмѣнной плоскости въ началѣ девятнадцатаго вѣка равнялась 114°7008, и что его наклоненіе къ эклиптикѣ, въ ту же эпоху, было 1°,7565.

Мы исключаемъ здѣсь кометы, которыя, впрочемъ, должны имѣть вліяніе на положеніе сказанной неизмѣнной плоскости, потому что и онѣ составляютъ часть солнечной системы. Весьма не трудно было бы принять и ихъ въ соображеніе, по предыдущему правилу, если бы ихъ массы и элементы ихъ орбитъ были извѣстны. Но, незная ихъ, мы предполагаемъ массы кометъ достаточно малыми, чтобы дѣйствіе ихъ на планетную систему оставалось нечувствительнымъ. Эта малость дѣйствительно кажется очень вѣроятною, потому что теорія взаимнаго притяженія планетъ достаточно представляетъ всѣ неравенства, замѣченныя въ ихъ движеніяхъ. Впрочемъ, если бы, съ теченіемъ времени, дѣйствіе кометъ сдѣлалось чувствительнымъ, оно должно преимущественно измѣнять положеніе плоскости предположенной нами неизмѣнною. Слѣдовательно, разсмотрѣніе той плоскости, и съ этой точки зрѣнія будетъ полезнымъ, если только успѣютъ уловить ея измѣненія, что представитъ чрезвычайныя затрудненія.

Теорія вѣковыхъ и періодическихъ планетныхъ неравенствъ, основанная на теоріи всемірнаго тяготѣнія, подтверждается согласіемъ ея со всѣми древними и новыми наблюденіями. Эти неравенства особенно чувствительны въ теоріи Юпитера и Сатурна. Они представляются тамъ подъ такою сложною формою и длина ихъ періодовъ такъ значительна, что необходимо нѣсколько вѣковъ для опредѣленія ихъ законовъ, по однимъ наблюденіямъ. Здѣсь теорія предварила наблюденія.

Узнавъ неизмѣнность среднихъ планетныхъ движеній, я подозрѣвалъ, что измѣненія, замѣченныя въ движеніяхъ Юпитера и Сатурна, происходятъ отъ дѣйствія кометъ. Лаландъ замѣтилъ въ движеніи Сатурна неправильности, повидимому, независящія отъ дѣйствія Юпитера. Онъ находилъ возвращенія его къ весеннему равноденствію болѣе быстрыми въ прошломъ вѣкѣ, чѣмъ его возвращенія къ равноденствію осеннему, хотя положенія Юпитера и Сатурна были почти одинаковы, какъ между собою, такъ и въ отношеніи къ ихъ перигеліямъ. Ламбертъ еще замѣтилъ, что среднее движеніе Сатурна, которое, сравненіемъ новыхъ наблюденій съ древними, казалось замедлявшимся, изъ вѣка въ вѣкъ, напротивъ того, повидимому, ускорялось изъ сравненія между собою новѣйшихъ наблюденій; тогда какъ среднее движеніе Юпитера представляло противныя явленія. Все это наводило на мысль, что причины независимыя отъ Юпитера и Сатурна измѣняли ихъ движенія. Но, при дальнѣйшемъ размышленіи, ходъ измѣненій замѣченныхъ въ среднихъ движеніяхъ обоихъ планетъ показался мнѣ такъ хорошо согласующимся съ среднимъ движеніемъ, которое должно бы истекать изъ ихъ взаимнаго притяженія, что я не колеблясь отвергнулъ ипотезу посторонняго вліянія.

Замѣчательный результатъ взаимнаго дѣйствія планетъ заключается въ томъ, что если принимать въ соображеніе только неравенства съ весьма большими періодами, то сумма массъ каждой планеты, раздѣленныхъ каждая на большую ось ея орбиты, разсматриваемой какъ измѣняю-

щійся эллипсъ, всегда весьма приблизительно постоянна. Отсюда слѣдуетъ, что такъ какъ квадраты среднихъ движеній обратно пропорціональны кубамъ тѣхъ осей; если движеніе Сатурново замедляется дѣйствіемъ Юпитера, то Юпитерово должно ускоряться дѣйствіемъ Сатурна, что подтверждается наблюденіемъ. Я, кромѣ того, видѣлъ, что отношеніе этихъ измѣненій одинаково съ выводимымъ изъ наблюденій. Предполагая, вмѣстѣ съ Галлеемъ, что замедленіе Сатурна, для перваго вѣка, начиная отъ 1700 года, равно 256″,94; соотвѣтствующее ускореніе Юпитера должно быть=104″,91; а Галлей, помощію наблюденій, нашелъ его равнымъ 106″02. Поэтому весьма вѣроятно, что измѣненія, замѣченныя въ среднихъ движеніяхъ Юпитера и Сатурна, суть слѣдствія ихъ взаимнаго дѣйствія. А такъ какъ извѣстно, что это дѣйствіе не можетъ произвести здѣсь никакихъ неравенствъ, ни постоянно возрастающихъ, ни періодическихъ, но періода независимаго отъ взаимнаго положенія этихъ планетъ; и что оно производитъ тамъ только неравенства относительныя къ тому положенію; то естественно думать, что въ ихъ теоріи существуетъ значительное неравенство этого рода, котораго періодъ весьма продолжителенъ и отъ котораго раждаются эти измѣненія.

Неравенства такого рода, хотя весьма малыя и почти нечувствительныя въ дифференціальныхъ уравненіяхъ, значительно увеличиваются интеграціями и могутъ достичь большихъ величинъ въ выраженіи долготы планетъ. Мнѣ не трудно было открыть подобныя неравенства въ дифференціальныхъ уравненіяхъ движеній Юпитера и Сатурна. Эти движенія весьма приближаются къ соизмѣримости и пять разъ взятое движеніе Сатурна весьма приблизительно равно дважды взятому движенію Юпитера. Изъ этого я заключаю, что члены, имѣющіе аргументомъ пять разъ взятую среднюю долготу Сатурна, безъ дважды взятой

Юпитеровой, могутъ сдѣлаться весьма чувствительными чрезъ интегрированіе, хотя они будутъ помножены на кубы и на произведенія трехъ измѣреній, эксцентрицитетовъ и наклоненій орбитъ. Я слѣдовательно смотрѣлъ на эти члены, какъ на весьма вѣроятную причину измѣненій, замѣченныхъ въ среднихъ движеніяхъ этихъ планетъ. Вѣроятность этой причины и важность предмета побудили меня предпринять трудное вычисленіе, необходимое для полнаго убѣжденія. Результатъ этого исчисленія вполнѣ подтвердилъ мое предположеніе, показавъ что:

1) Въ теоріи Сатурна существуетъ большое неравенство въ 8895″7, въ его *максимумѣ*, котораго періодъ составляетъ 929 лѣтъ, и которое должно быть приложено къ среднему движенію этой планеты.

2) Движеніе Юпитера, подобнымъ же образомъ, подвержено соотвѣтственному неравенству, котораго періодъ весьма приблизительно тотъ же самый, но, имѣя противный знакъ, доходитъ только до 3662″4.

Величина коэффиціентовъ этихъ неравенствъ и продолжительность ихъ періода не всегда одинаковы: они участвуютъ въ вѣковыхъ измѣненіяхъ элементовъ орбитъ, отъ которыхъ они зависятъ. Я, съ особеннымъ тщаніемъ, опредѣлилъ эти коэффиціенты и ихъ вѣковое уменьшеніе. Этимъ-то двумъ прежде неизвѣстнымъ неравенствамъ должно приписать кажущееся замедленіе Сатурна и таковое же ускореніе Юпитера. Эти явленія достигли *максимума* около 1560 года; и съ этой эпохи, кажущіяся движенія этихъ двухъ планетъ приближались къ дѣйствительнымъ и сравнялись съ ними въ 1790 году. Вотъ почему Галлей, сравнивая новыя наблюденія съ древними, нашелъ среднее движеніе Сатурна медленнѣе, а таковое же Юпитера быстрѣе, чѣмъ изъ взаимнаго сравненія новыхъ наблюденій; тогда какъ послѣднія указали Ламберту уско-

реніе въ движеніи Сатурна и замедленіе въ движеніи Юпитера. Замѣчательно еще, что количества этихъ явленій, выведенныя изъ однихъ только наблюденій Галлея и Ламберта, весьма приблизительно тожественны съ вытекающими изъ двухъ сейчасъ упомянутыхъ мною великихъ неравенствъ. Если бы возобновленіе астрономіи совершилось четыре съ половиною вѣка позже, наблюденія показали бы противныя явленія: слѣдовательно, среднія движенія, которыя астрономія какого либо народа опредѣляетъ Юпитеру и Сатурну, могутъ намъ пояснить къ какой эпохѣ они относятся. Такимъ образомъ узнали, что индійцы опредѣлили среднія движенія этихъ планетъ въ части періода предшествующихъ неравенствъ, въ которомъ среднее кажущееся движеніе Сатурна было медленнѣе, а Юпитера быстрѣе. Двѣ изъ ихъ главныхъ эпохъ, относящіяся — одна къ 3102 году до Р. Хр., а другая къ 1491 году до нашей эры, выполняютъ приблизительно эти условія.

Изъ почти соизмѣримаго отношенія движеній Юпитера и Сатурна раждаются другія весьма чувствительныя неравенства. Самое значительное изъ нихъ проявляется въ движеніи Сатурна: оно смѣшалось бы съ уравненіемъ центра, если бы пять разъ взятое среднее движеніе этой планеты было въ точности равно двойному Юпитера. Оно то преимущественно и заставило Сатурна, въ прошедшемъ вѣкѣ, являться къ весеннему равноденствію быстрѣе чѣмъ къ осеннему. Вообще, когда я узналъ эти различныя неравенства и опредѣлилъ, съ большимъ противу прежняго тщаніемъ, тѣ которыя уже были подвергаемы вычисленію; то я увидѣлъ, что всѣ явленія, наблюденныя въ движеніи этихъ двухъ планетъ, сами собою принаравливаются къ теоріи. Прежде они, казалось, дѣлали исключеніе изъ закона всемірнаго тяготѣнія; нынѣ же они сдѣлались самыми разительными его доказательствами. Такова участь блестящаго открытія Ньютона: всякое возникавшее затрудненіе было для него предметомъ новаго торжества; а это представляетъ лучшій признакъ истинности системы природы.

Формулы, которыхъ я достигнулъ, для представленія движеній Юпитера и Сатурна, съ замѣчательною точностію удовлетворяютъ противустояніямъ этихъ двухъ планетъ, наблюденнымъ самыми искусными астрономами, помощію лучшихъ меридіанныхъ трубъ и огромнѣйшихъ квадрантовъ; погрѣшность никогда не достигала 40″; а не прошло еще двадцати лѣтъ съ тѣхъ поръ какъ погрѣшности лучшихъ таблицъ превосходили иногда 4000 секундъ. Эти формулы представляютъ еще, съ точностію самихъ наблюденій, наблюденія Флемстида, арабовъ и наблюдателей упоминаемыхъ Птолемеемъ. Такая значительная точность, съ которою двѣ наибольшія планеты нашей системы повинуются, съ древнѣйшихъ временъ, законамъ ихъ взаимнаго притяженія, доказываетъ прочность системы; потому что Сатурнъ, котораго притяженіе солнцемъ около ста разъ слабѣе, чѣмъ притяженіе солнцемъ земли, не испыталъ, со временъ Иппарха, никакого чувствительнаго вліянія отъ постороннихъ причинъ.

Я не могу здѣсь отказаться отъ сравненія истинныхъ дѣйствій отношенія существующаго между средними движеніями Сатурна и тѣми, которыя имъ приписывала астрологія. Вслѣдствіе этого отношенія, взаимныя соединенія этихъ двухъ планетъ возобновляются чрезъ промежутки около двадцати лѣтъ; но точка неба въ которой они случаются отступаетъ назадъ почти на треть зодіака; такъ что если соединеніе первоначально случится въ Овнѣ, то чрезъ двадцать лѣтъ оно будетъ въ знакѣ Стрѣльца; 20 лѣтъ позже оно случится въ знакѣ Льва; и наконецъ еще

чрезъ двадцать лѣтъ вновь придетъ въ знакъ Овна, на разстояніи около десяти градусовъ отъ первоначальнаго положенія. Соединенія эти будутъ совершаться въ этихъ трехъ знакахъ, въ теченіе около двухъ сотъ лѣтъ; потомъ они, подобнымъ же образомъ, въ слѣдующее двухсотлѣтіе, будутъ происходить въ трехъ знакахъ — Тельца, Козерога и Дѣвы; еще затѣмъ, въ два вѣка, пройдутъ знаки Близнецовъ, Водолея и Вѣсовъ; и наконецъ, въ слѣдующія два столѣтія, знаки Рака, Рыбъ и Скорпіона. По истеченіи этихъ эпохъ, соединенія сказанныхъ двухъ большихъ планетъ вновь возвратятся къ знаку Овна. Такимъ образомъ составляется великій годъ, въ которомъ каждое время года будетъ заключать въ себѣ 200 лѣтъ. Этимъ различнымъ временамъ года и знакамъ имъ соотвѣтствующимъ приписывали различныя температуры: совокупность трехъ этихъ знаковъ называлась *тригономъ* или *треугольникомъ*: первый принадлежитъ огню; второй — землѣ; третій — воздуху, а четвертый — водѣ. Понятно, что астрологія очень занималась этими тригонами; которые самъ Кеплеръ объяснилъ весьма подробно въ различныхъ сочиненіяхъ. Замѣчательно, что здравая астрономія, уничтоживъ это мнимое вліяніе отношенія между средними движеніями Юпитера и Сатурна, открыла въ немъ источникъ великихъ возмущеній планетной системы.

Планета Уранъ, не смотря на недавность своего открытія, показываетъ уже несомнѣнные признаки возмущеній, претерпѣваемыхъ ею отъ Юпитера и Сатурна. Законы эллиптическаго движенія не въ точности удовлетворяютъ ея наблюденнымъ положеніямъ и, чтобы представить ихъ нужно обратить вниманіе на ея возмущенія. Ихъ теорія, страннымъ стеченіемъ, помѣщаетъ планету въ 1769, 1756 и 1690 годахъ въ тѣхъ именно точкахъ, гдѣ Лемонье, Майеръ и Флемстидъ опредѣлили положеніе трехъ маленькихъ звѣздъ, теперь оттуда исчезнувшихъ, что не оставляетъ никакого сомнѣнія въ тожествѣ этихъ свѣтилъ съ Ураномъ.

Малыя новооткрытыя планеты подвержены весьма большимъ неравенствамъ, которыя прольютъ новый свѣтъ на теорію небесныхъ притяженій и дадутъ средства къ ея усовершенствованію; но, до сихъ поръ, еще невозможно было открыть наблюденіемъ эти неравенства. Нѣтъ еще трехъ вѣковъ какъ Коперникъ, первый ввелъ въ астрономическія таблицы движеніе планетъ вокругъ солнца. Около столѣтія позже, Кеплеръ ввелъ туда же законы эллиптическаго движенія, найденные имъ въ наблюденіяхъ Тихона Браге и приведшіе Ньютона къ открытію всемірнаго тяготѣнія. Со времени этихъ трехъ на вѣки памятныхъ въ исторіи наукъ эпохъ, успѣхи анализа безконечныхъ дали намъ средство подвергнуть вычисленію многочисленныя неравенства планетъ, раждающіяся отъ ихъ взаимныхъ притяженій, и, такимъ способомъ, таблицы пріобрѣли неожиданную точность. Прежде погрѣшности ихъ достигали нѣсколькихъ минутъ; теперь онѣ ограничиваются небольшимъ числомъ секундъ и нерѣдко, по всей вѣроятности, ихъ уклоненія происходятъ отъ неизбѣжныхъ ошибокъ наблюденій.

ГЛАВА ТРЕТЬЯ.

О МАССАХЪ ПЛАНЕТЪ И О ТЯЖЕСТИ НА ИХЪ ПОВЕРХНОСТЯХЪ.

Такъ какъ отношеніе массы планеты къ солнечной составляетъ главный элементъ теоріи возмущеній ею производимыхъ, то сравненіе этой теоріи съ большимъ числомъ весьма точныхъ наблюденій должно показать его

тѣмъ точнѣе, чѣмъ значительнѣе возмущенія имъ производимыя. Такимъ образомъ опредѣлили слѣдующія массы Венеры, Марса, Юпитера и Сатурна. Массы Юпитера, Сатурна и вообще планетъ одаренныхъ спутниками могутъ быть еще опредѣлены слѣдующимъ образомъ.

Изъ приведенныхъ въ предыдущей книгѣ теоремъ о центробѣжной силѣ слѣдуетъ, что тяготѣніе спутника къ его планетѣ относится къ тяготѣнію земли къ солнцу, какъ радіусъ орбиты спутника, раздѣленный на квадратъ времени его звѣзднаго обращенія, относится къ среднему разстоянію земли отъ солнца, раздѣленному на квадратъ звѣзднаго года. Чтобы привести эти тяжести къ одинаковому разстоянію отъ тѣлъ ихъ производящихъ, должно ихъ взаимно помножить на квадраты радіусовъ орбитъ ими описываемыхъ; а такъ какъ, при равныхъ разстояніяхъ, массы пропорціональны ихъ притяженіямъ, то масса планеты будетъ относиться къ массѣ солнца, какъ кубъ средняго радіуса орбиты спутника, раздѣленный на квадратъ времени его звѣзднаго обращенія, относится къ кубу средняго разстоянія земли отъ солнца, раздѣленному на квадратъ звѣзднаго года. Этотъ результатъ предполагаетъ, что мы не принимаемъ въ расчетъ массы спутника относительно массы планеты, и массы планеты относительно массы солнца, что и дѣйствительно можно сдѣлать безъ чувствительной погрѣшности: онъ сдѣлаетс яточнѣе, если, вмѣсто массы планеты, подставить сумму массъ планеты и ея спутника, и вмѣсто массы солнца, сумму массъ солнца и планеты; потому что сила удерживающая тѣло въ его относительной орбитѣ около другаго тѣла его притягивающаго, зависитъ отъ суммы обѣихъ массъ.

Приложимъ предыдущій результатъ къ Юпитеру.

Средній радіусъ орбиты четвертаго спутника (такъ какъ онъ данъ мною во второй книгѣ) являлся бы подъ угломъ

$7964'',75$, если бы былъ наблюдаемъ съ средняго разстоянія земли отъ солнца. Радіусъ круга заключаетъ въ себѣ $636619'',8$; слѣдовательно средніе радіусы орбитъ четвертаго спутника и земли будутъ въ отношеніи этихъ двухъ числъ. Время звѣзднаго обращенія четвертаго спутника $= 16^{\text{дн.}},6890$, а звѣздный годъ $= 365^{\text{дн.}},2564$. Исходя отъ этихъ данныхъ, мы найдемъ для массы Юпитера $\frac{1}{1067,09}$, если принять массу солнца за единицу. Для большей точности нужно уменьшить на одну единицу знаменатель этой дроби, которая сдѣлается тогда равною $\frac{1}{1066,09}$.

Я нашелъ тѣмъ же способомъ, что масса Сатурна равна $\frac{1}{3359,4}$; а масса Урана $= \frac{1}{19504}$.

Возмущенія претерпѣваемыя этими большими планетами, вслѣдствіе ихъ взаимныхъ притяженій, представляютъ средство къ полученію, съ чрезвычайною точностію, величинъ ихъ массъ. Буваръ, сравнивъ съ моими формулами изъ *Небесной механики*, большое множество наблюденій, вычисленныхъ съ особеннымъ тщаніемъ, составилъ новыя весьма точныя таблицы Юпитера, Сатурна и Урана. Для этого важнаго труда, онъ составилъ условныя уравненія, въ которыхъ оставилъ неопредѣленными массы этихъ планетъ, и, разрѣшая эти уравненія, получилъ слѣдующія величины:

для массы Юпитера $\frac{1}{1070,5}$

» » Сатурна $\frac{1}{3512}$

» » Урана $\frac{1}{17918}$

Если принять въ соображеніе трудность измѣреній элонгацій спутниковъ Сатурна и Урана и невѣдѣніе наше каса-

тельно эллиптичности орбитъ тѣхъ спутниковъ, то должно удивиться малому различію существующему между величинами, выведенными изъ элонгацій и тѣми, которыя получены изъ возмущеній. Послѣднія объемлютъ, для каждой планеты, какъ ея собственную массу, такъ равно и массы ея спутниковъ; а, для Сатурна, еще и массу его кольца. Но все ведетъ къ заключенію, что масса планеты несравненно превосходитъ массы тѣлъ ее окружающихъ. По крайней мѣрѣ это несомнѣнно въ отношеніи земли и Юпитера.

Приложеніемъ моего анализа вѣроятностей къ условнымъ уравненіямъ Бувара, найдено, что можно биться о закладъ, милліонъ противъ одного, что величина массы Юпитера имъ полученная не представляетъ погрѣшности въ одну сотую этой величины. Можно прозакладывать одиннадцать тысячъ противъ одного, что тоже самое справедливо и въ отношеніи Сатурна. Такъ какъ возмущенія, производимыя Ураномъ въ движеніи Сатурна, малозначительны, то должно ожидать большаго числа наблюденій для полученія массы Урана, съ вышесказанною степенью вѣроятности; но и въ нынѣшнемъ состояніи наблюденій, можно держать закладъ 2500 противъ 1, что вышеприведенная величина не разнится отъ истинной на $\frac{1}{4}$ ея часть.

Возмущенія, претерпѣваемыя землею отъ притяженій Венеры и Марса, довольно значительны для показанія массъ этихъ двухъ планетъ. Составитель превосходныхъ таблицъ солнца, основанныхъ на четырехъ тысячахъ наблюденій, Буркхартъ вывелъ массы:

$$\text{Венеры} = \frac{1}{405871}.$$

$$\text{Марса} = \frac{1}{2546320}.$$

Массу земли можно получить слѣдующимъ образомъ. Если взять среднее разстояніе земли отъ солнца за

единицу; то дуга описываемая ею въ секунду времени будетъ отношеніемъ окружности къ радіусу, раздѣленному на число секундъ звѣзднаго года, или на 36525636″1. Раздѣливъ квадратъ этой дуги на діаметръ, получимъ $\frac{1479565}{10^{20}}$ для ея синуса верзуса: на это количество земля падаетъ къ солнцу, въ одну секунду, вслѣдствіе своего относительнаго движенія вокругъ дневнаго свѣтила. Мы видѣли въ предыдущей главѣ, что на земной параллели, которой квадратъ синуса широты равенъ $\frac{1}{2}$, притяженіе земли заставляетъ тѣла падать въ секунду на 3м.,66477. Чтобы привести это притяженіе къ среднему разстоянію земли отъ солнца, нужно умножить его на квадратъ синуса солнечнаго параллакса и раздѣлить произведеніе на число метровъ, заключающихся въ этомъ разстояніи. Радіусъ земной, на взятой нами параллели, равенъ 6369809 метрамъ; раздѣливъ это число на синусъ солнечнаго параллакса, предположеннаго = 26″54, мы получимъ средній радіусъ земной орбиты, выраженный въ метрахъ. Отсюда слѣдуетъ, что дѣйствіе притяженія земли, на среднемъ разстояніи этой планеты отъ солнца, равно произведенію дроби $\frac{3,66477}{6369809}$ на кубъ синуса 26″54, и слѣдовательно равно $\frac{4,16856}{10^{20}}$. Вычтя эту дробь изъ $\frac{1479565}{10^{20}}$, получимъ $\frac{1479560,8}{10^{20}}$ для дѣйствія притяженія солнца, на томъ же разстояніи. Слѣдовательно, массы солнца и земли будутъ въ отношеніи чиселъ 1479560,8 и 4,16856; откуда слѣдуетъ, что масса земли $= \frac{1}{354936}$.

Если параллаксъ солнца нѣсколько различенъ отъ выше нами предположеннаго, то величина массы земли должна измѣниться какъ кубъ этого параллакса въ сравненіи съ параллаксомъ въ 26″54.

Величина массы Меркурія была опредѣлена по его

объему, предположивъ плотности этой планеты и земли обратно пропорціональными ихъ среднимъ разстояніямъ отъ солнца. Эта ипотеза, по истинѣ, весьма произвольна; но она довольно хорошо удовлетворяетъ взаимнымъ плотностямъ земли, Юпитера и Сатурна. Всѣ эти величины нужно будетъ исправить, когда время ближе познакомитъ насъ съ вѣковыми измѣненіями небесныхъ движеній (ББ).

Таблица планетныхъ массъ, принявъ массу солнца за единицу (ВВ).

Меркурій	$\frac{1}{2025810}$
Венера.	$\frac{1}{405871}$
Земля.	$\frac{1}{354936}$
Марсъ	$\frac{1}{2546320}$
Юпитеръ.	$\frac{1}{1070,5}$
Сатурнъ.	$\frac{1}{3512}$
Уранъ	$\frac{1}{17918}$

Плотности тѣлъ пропорціональны массамъ, раздѣленнымъ на объемы; а когда массы близки къ шару, то объемы ихъ относятся между собою какъ кубы ихъ радіусовъ; слѣдовательно, тогда плотности будутъ какъ массы, раздѣленныя на кубы радіусовъ. Но, для большей точности, должно брать за радіусъ планеты тотъ, который соотвѣтствуетъ параллели, у которой квадратъ синуса широты составляетъ $1/_2$.

Мы видѣли въ первой книгѣ, что полупоперечникъ солнца, въ среднемъ его разстояніи отъ земли, видимъ подъ угломъ 2966″; на томъ же разстояніи, земной радіусъ

былъ бы видимъ подъ угломъ 26″54. Изъ этого не трудно заключить, что средняя плотность солнечнаго шара будучи взята за единицу, плотность земли будетъ равна 3,9326. Эта величина независима отъ солнечнаго параллакса, потому что объемъ и масса земли возрастаютъ оба какъ кубъ этого параллакса (ГГ).

Экваторіальный полупоперечникъ Юпитера, видимый въ среднемъ его разстояніи отъ солнца, равенъ, по точнымъ измѣреніямъ Араго́, 56″,702. Полярная полуось = 53″,497. Радіусъ Юпитерова сфероида, соотвѣтствующій параллели которой квадратъ синуса широты = $1/_2$, будетъ видимъ, на томъ же разстояніи, подъ угломъ 53″,967; а видимый на среднемъ разстояніи земли отъ солнца, онъ будетъ 291″185. Изъ этого не трудно вывести плотность Юпитера = 0,99239.

Такимъ же образомъ можно опредѣлить плотности и другихъ планетъ; но погрѣшности въ измѣреніяхъ ихъ кажущихся поперечниковъ и въ опредѣленіи ихъ массъ дѣлаютъ неточными результаты вычисленія. Если предположить видимый діаметръ Сатурна, на среднемъ его разстояніи отъ солнца, = 50″, то для плотности получимъ 0,55, принимая опять плотность солнца за единицу.

Сравнивая взаимныя плотности земли, Юпитера и Сатурна, мы видѣли, что планеты болѣе удаленныя отъ солнца менѣе плотны. Кеплеръ пришелъ къ тому же результату идеями приличія и гармоніи, и предположилъ плотности планетъ обратно пропорціональными квадратнымъ корнямъ ихъ разстояній. Но, по тѣмъ же самымъ соображеніямъ, онъ заключилъ что солнце есть самое плотнѣйшее изъ всѣхъ свѣтилъ, что въ дѣйствительности несправедливо. Отъ предыдущаго правила уклоняется Уранъ, котораго плотность кажется значительнѣе Сатурновой; но ненадежность измѣненій ея кажущагося діаме-

тра и наибольшихъ отклоненій ея спутниковъ, не позволяютъ сдѣлать положительнаго заключенія объ этомъ предметѣ.

Чтобы получить напряженіе тяжести на поверхности солнца и планетъ, примемъ въ соображеніе, что, если бы Юпитеръ и земля были въ точности шарообразны и не имѣли бы вращательнаго движенія, то тяжести на ихъ экваторѣ были бы пропорціональны массамъ этихъ тѣлъ, раздѣленнымъ на квадраты ихъ поперечниковъ. На среднемъ разстояніи солнца отъ земли, полупоперечникъ Юпитера былъ бы видимъ подъ угломъ 291″,185, а экваторіальный радіусъ земли подъ угломъ 26″54. Принявъ за единицу вѣсъ тѣла на земномъ экваторѣ, оно будетъ вѣсить на экваторѣ Юпитера 2,716; но это число нужно уменьшить примѣрно на $\frac{1}{9}$, чтобы принять въ соображеніе вліяніе центробѣжныхъ силъ, происходящихъ отъ вращенія тѣхъ планетъ.

Тоже самое тѣло вѣсило бы на солнечномъ экваторѣ 27,9. Тамъ тѣла пробѣгаютъ, въ первую секунду ихъ паденія, 102 метра.

Огромный промежутокъ, отдѣляющій насъ отъ этихъ большихъ міровыхъ тѣлъ, казалось бы долженъ навсегда скрыть отъ человѣческаго ума познаніе дѣйствій тяжести на ихъ поверхностяхъ. Но сцѣпленіе истинъ приводитъ къ результатамъ кажущимся недоступными, пока начало отъ котораго они зависятъ остается неизвѣстнымъ. Такимъ-то образомъ измѣреніе напряженія тяжести, на поверхности солнца и планетъ, сдѣлалось возможнымъ, благодаря открытію всемірнаго тяготѣнія.

ГЛАВА ЧЕТВЕРТАЯ.

О ВОЗМУЩЕНІЯХЪ ЭЛЛИПТИЧЕСКАГО ДВИЖЕНІЯ КОМЕТЪ.

Дѣйствіе планетъ производитъ въ движеніи кометъ неравенства преимущественно чувствительныя въ промежуткахъ ихъ возвращеній къ перигелію. Галлей, замѣтивъ что элементы орбитъ кометъ, видѣнныхъ въ 1531, 1607 и 1682 годахъ, весьма сходны между собою, заключилъ, что они принадлежатъ одной и той же кометѣ, совершившей въ 151 годъ два обращенія. Правда, что продолжительность обращенія отъ 1531 по 1637 была тринадцатью мѣсяцами долѣе чѣмъ съ 1607 по 1682; но великій британскій астрономъ справедливо думалъ, что притяженіе планетъ и въ особенности Юпитера и Сатурна было причиною такой разности. По довольно неопредѣленной оцѣнкѣ этого дѣйствія, въ теченіе слѣдующаго періода, онъ заключилъ, что оно должно замедлить будущее возвращеніе кометы и назначилъ для него эпоху конца 1758 или начала 1759 года. Это предсказаніе было слишкомъ важно не только само по себѣ, но и по тѣсной его связи съ теоріею всемірнаго тяготѣнія, которой приложеніемъ и распространеніемъ такъ усердно занимались геометры половины минувшаго столѣтія. Все это возбудило любопытство интересующихся успѣхами наукъ и въ особенности теоріею которая уже согласовалась съ такимъ множествомъ явленій. Въ неизвѣстности точнаго времени возвращенія кометы, астрономы начали отыскивать ее еще съ 1757 года. Клерò, одинъ изъ первыхъ разрѣшившій задачу трехъ тѣлъ, приложилъ ея рѣшеніе къ отысканію измѣненій претерпѣнныхъ движеніемъ кометы отъ дѣйствія Юпитера и Сатурна. 14 ноября 1758 года онъ объявилъ парижской академіи наукъ, что воз-

вращеніе кометы къ перигелію замедлится въ настоящемъ періодѣ противу предыдущаго около 618 дней, такъ что комета пройдетъ чрезъ перигелій въ срединѣ апрѣля 1759 года. Въ тоже время онъ замѣтилъ, что небольшія количества, отброшенныя въ его приближеніяхъ, могли ускорить или замедлить этотъ срокъ на одинъ мѣсяцъ. Впрочемъ, онъ присовокупилъ, что «тѣло, проходящее по такимъ «отдаленнымъ странамъ и такъ долго скрывающееся отъ «нашихъ глазъ, можетъ подвергнуться силамъ совершенно «неизвѣстнымъ, каковы, напримѣръ, дѣйствія другихъ «кометъ, или даже *какой либо планеты слишкомъ уда«ленной отъ солнца чтобы сдѣлаться когда либо видимою*». Предсказаніе геометра сбылось, къ его удовольствію: комета прошла чрезъ перигелій 12 марта 1759 года, въ предѣлахъ погрѣшностей, которыя онъ допускалъ въ своемъ результатѣ. Послѣ новаго пересмотра своихъ вычисленій, Клеро опредѣлилъ прохожденіе кометы на 4 апрѣля, и опредѣлилъ бы его на 24 марта (т. е. только на 12 дней позже чѣмъ показало наблюденіе), если бы онъ употребилъ величину массы Сатурна, какъ она приведена въ предшествующей главѣ. Такая разница покажется весьма малою, если принять въ соображеніе большое множество откинутыхъ количествъ и вліяніе которое могла произвести планета Уранъ, существованіе которой, во времена Клеро, было еще неизвѣстно.

Замѣтимъ, для чести прогресса ума человѣческаго, что эта комета возбудившая, въ прошломъ вѣкѣ, живѣйшій интересъ между геометрами и астрономами, была разсматриваема совершенно другими глазами, въ 1456 году, за четыре обращенія ранѣе. Длинный хвостъ которой она влекла за собою распространилъ ужасъ на Европу уже устрашенную быстрыми успѣхами турокъ, только что разрушившихъ византійское царство; и папа Калликстъ повелѣлъ

совершать публичныя моленія, въ которыхъ комета заклиналась вмѣстѣ съ турками. Въ тѣ времена невѣжества, люди были далеки отъ мысли, что природа повинуется всегда непреложнымъ законамъ. Смотря по тому какъ происходили и слѣдовали одно за другимъ явленія, съ правильностію или безъ видимаго порядка, приводили ихъ въ зависимость отъ конечныхъ причинъ или отъ случая; а если они представляли что нибудь необыкновенное и казались противурѣчащими естественному порядку, то считали ихъ за знаки небеснаго гнѣва.

За ужасами наводимыми, въ тѣ времена, явленіями кометъ, послѣдовали опасенія, что въ большемъ числѣ этихъ свѣтилъ, пересѣкающихъ по всѣмъ направленіямъ планетную систему, какое либо изъ нихъ можетъ задѣть землю. Онѣ такъ быстро проходятъ мимо насъ, что дѣйствій ихъ притяженія нечего бояться; только, задѣвъ землю, онѣ могли бы произвести бѣдственныя разрушенія (*). Такое столкновеніе хотя и возможно, но чрезвычайно мало вѣроятно въ теченіе одного вѣка времени. Для встрѣчи двухъ тѣлъ столь малыхъ въ сравненіи съ неизмѣримостью пространства, въ которомъ они движутся, нуженъ такой необычайный случай, что на этотъ счетъ невозможно имѣть какихъ либо основательныхъ опасеній. Впрочемъ, малая вѣроятность подобной встрѣчи, накопляясь въ теченіе долгаго ряда вѣковъ, можетъ сдѣлаться достаточно большою. Нетрудно представить себѣ слѣдствія такого столкновенія для земли. Ось и вращательное ея движеніе должны измѣниться; моря оставили бы свое прежнее положеніе и устремились бы къ новому экватору;

(*) Во времена Лапласа еще не знали съ достовѣрностію необычайной разрѣженности и малости массы кометъ. Мы приведемъ нѣсколько подробностей объ этомъ предметѣ въ особомъ прибавленіи (ДД).

Прим. переводч.

большая часть людей и животныхъ утонули бы въ этомъ всеобщемъ потопѣ или погибли бы отъ силы толчка полученнаго земнымъ шаромъ; цѣлые виды животныхъ истребились бы, вмѣстѣ съ памятниками человѣческаго искусства и промышленности: таковы разрушенія, которыя бы произвелъ толчекъ кометы, если бы послѣдняя имѣла массу подходящую къ земной. Изъ этого видно, отчего океанъ покрывалъ нѣкогда высокія горы, на которыхъ оставилъ несомнѣнные знаки своего присутствія; видно какимъ образомъ животныя и растенія юга могли существовать въ сѣверныхъ климатахъ, гдѣ находятъ ихъ остатки и отпечатки; наконецъ, можно объяснить новость нравственнаго міра, котораго несомнѣнные памятники не восходятъ далѣе пяти тысячъ лѣтъ. Родъ человѣческій, сохранившійся въ небольшомъ числѣ лицъ, поверженныхъ въ самое жалкое положеніе и единственно занятыхъ, весьма долгое время, заботами самосохраненія, долженъ былъ совершенно утратить воспоминаніе о наукахъ и искусствахъ; и когда успѣхъ образованности вновь породилъ въ нихъ необходимость, нужно было начинать все сызнова, какъ будто бы люди только что водворились на землѣ (*).

Какъ бы ни судили о подобной причинѣ, указанной, для вышеприведенныхъ явленій, нѣкоторыми философами, я повторяю, что нечего бояться такого ужаснаго происшествія въ кратковременный періодъ человѣческой жизни, тѣмъ болѣе, что массы кометъ, повидимому, чрезвычайно малы, такъ что толчекъ ихъ могъ бы произвести только мѣстные перевороты. Но человѣкъ такъ расположенъ къ

(*) Араго неопровержимо доказалъ, что наша земля никогда не получала толчковъ отъ кометъ; а всѣ вышеприведенныя явленія объяснены весьма удовлетворительно другими теллурическими причинами. *Прим. перев.*

чувству боязни, что, въ 1773 году, сильный страхъ распространился по Парижу, и оттуда по всей Франціи, вслѣдствіе простаго обнародованія записки, въ которой Лаландъ опредѣлилъ какія именно кометы ближе другихъ могли подойти къ землѣ. Справедливо, что заблужденія, предразсудки, ложные страхи и всѣ бѣдствія производимыя невѣжествомъ быстро бы распространились на землѣ, если бы угасъ свѣтильникъ науки.

Наблюденія кометы, впервые замѣченной въ 1770 году, привели астрономовъ къ весьма странному результату. Послѣ тщетныхъ усилій подчинить эти наблюденія законамъ параболическаго движенія, до того времени весьма приблизительно представлявшимъ движенія кометъ, узнали наконецъ, что упомянутая комета описала, въ теченіе своего появленія, эллипсъ въ которомъ время ея обращенія не превышало шести лѣтъ. Лексель (*) первый сдѣлалъ это любопытное замѣчаніе, удовлетворившее общности наблюденій кометы. Но такой короткій періодъ могъ быть допущенъ только вслѣдствіе неопровержимыхъ доказательствъ, основанныхъ на новомъ и глубокомъ разсмотрѣніи наблюденій кометы и положеній звѣздъ съ которыми ее сравнивали. Институтъ (**) предложилъ эту задачу на премію, которая досталась Буркхарту. Его изысканія привели весьма приблизительно къ Лекселеву результату, относительно котораго теперь не существуетъ ни малѣйшаго сомнѣнія.

Комета, съ такимъ короткимъ періодомъ обращенія, должна часто возвращаться; однакожъ ее не видѣли ни ранѣе, ни позже 1770 года. Для объясненія этого двойнаго явленія, Лексель замѣтилъ, что въ 1767 и 1779 годахъ,

(*) Бывшій въ то время членомъ С. Петербургской Академіи Наукъ. *Прим. перев.*

(**) То есть: Парижская Академія Наукъ. *Прим. перев.*

комета очень приближалась къ Юпитеру, котораго могущественное притяженіе уменьшило въ 1767 году разстояніе перигелія кометной орбиты и сдѣлало это свѣтило видимымъ въ 1770 году; хотя ранѣе этого времени оно оставалось невидимымъ. Потомъ, въ 1779 году, Юпитерово притяженіе увеличило перигельное разстояніе до того, что комета сдѣлалась для насъ вновь и навсегда невидимою.

Но еще нужно было доказать возможность такихъ двухъ результатовъ притяженія Юпитера, показавъ что элементы эллипса описаннаго кометою могутъ удовлетворять такой возможности. Я сдѣлалъ это, подвергнувъ этотъ предметъ анализу, и такимъ образомъ вышеприведенное изъясненіе получило степень вѣроятности (*).

Изъ всѣхъ подверженныхъ наблюденіямъ кометъ, Лекселева ближе прочихъ подходила къ землѣ, которая должна бы была претерпѣть оттого чувствительное дѣйствіе, если бы только масса кометы была сколько нибудь значительна въ сравненіи съ земною. Предположивъ эти двѣ массы равными, дѣйствіе кометы увеличило бы длину звѣзднаго года на 11612″. Мы съ точностію знаемъ изъ многочисленныхъ сравненій наблюденій, сдѣланныхъ Деламбромъ и Буркхартомъ для составленія ихъ *солнечныхъ таблицъ*, что, съ 1770 года, звѣздный годъ не увеличился на 3″, и что, слѣдовательно, масса кометы не составляетъ $\frac{1}{5000}$ массы земли; а принявъ въ соображеніе, что эта комета, въ 1767 и 1779, прошла чрезъ систему Юпитеровыхъ спутниковъ, не причинивъ въ ней ни малѣйшаго разстройства, очевидно, что масса ея еще малозначительнѣе вышеозначенной.

(*) Этотъ вопросъ, въ наше время, вполнѣ удовлетворительно рѣшенъ новыми изслѣдованіями Французскаго геометра Леверрье (ЕЕ).
Прим. переводч.

Малость кометныхъ массъ вообще обнаруживается нечувствительнымъ ихъ дѣйствіемъ на движенія планетной системы. Эти движенія представляются однимъ дѣйствіемъ тѣлъ этой системы, съ такою точностію, что однимъ только погрѣшностямъ приближеній и наблюденій можно приписать небольшія уклоненія отъ нашихъ лучшихъ *таблицъ*. Впрочемъ, одни только весьма точныя наблюденія, продолженныя въ теченіе нѣсколькихъ вѣковъ и сравненныя съ теоріею, могутъ бросить свѣтъ на этотъ важный вопросъ системы міра.

ГЛАВА ПЯТАЯ.

О ВОЗМУЩЕНІЯХЪ ДВИЖЕНІЯ ЛУНЫ.

Луна одновременно притягивается солнцемъ и землею; но ея движеніе вокругъ земли возмущается только разностію дѣйствій солнца на эти два тѣла. Если бы солнце находилось на безконечномъ разстояніи, оно дѣйствовало бы на нихъ одинаково и по направленію прямыхъ параллельныхъ линій: тутъ относительное ихъ движеніе не возмущалось бы такимъ дѣйствіемъ общимъ для обоихъ міровыхъ тѣлъ. Но разстояніе солнца, хотя и весьма значительное въ сравненіи съ луннымъ, не можетъ быть предположено безконечнымъ. Луна поочередно бываетъ то ближе, то дальше отъ солнца чѣмъ земля, и прямая, соединяющая центръ ея съ солнечнымъ, составляетъ съ земнымъ радіусомъ векторомъ болѣе или менѣе острые углы. И такъ, солнце дѣйствуетъ на землю и на луну неравнымъ образомъ и по различнымъ направленіямъ; и, отъ этого различія дѣйствій, должны происходить въ лун-

номъ движеніи неравенства, зависящія отъ взаимныхъ положеній солнца и луны. Въ ихъ-то изысканіи состоитъ знаменитая задача о трехъ тѣлахъ, которой строгое рѣшеніе превосходитъ средства анализа, но которая, по причинѣ близости луны, сравнительно съ ея разстояніемъ отъ солнца, и по незначительности ея массы въ сравненіи съ земною, можетъ быть разрѣшена по приближенію. Однакожъ, тончайшій анализъ необходимъ для разбора членовъ, которыхъ вліяніе чувствительно. Ихъ изслѣдованіе составляетъ самую важную часть этого анализа, если предполагаютъ употребить его для усовершенствованія лунныхъ таблицъ, въ чемъ дѣйствительно и заключается главная его цѣль.

Нетрудно придумать множество различныхъ способовъ для приведенія въ уравненіе задачи о трехъ тѣлахъ; но ея истинная трудность состоитъ въ отысканіи въ дифференціальныхъ уравненіяхъ и въ точномъ опредѣленіи членовъ, хотя весьма малыхъ въ своемъ существѣ, но пріобрѣтающимъ чувствительную величину чрезъ послѣдовательныя интегрированія; для чего нужны — выгодный выборъ координатъ, тонкія соображенія надъ сущностію интеграловъ, хорошо проведенныя приближенія и тщательныя и нѣсколько разъ провѣренныя вычисленія. Я старался выполнить всѣ эти условія, въ теоріи луны, приведенной въ моей *Небесной Механикѣ*, и къ удовольствію увидѣлъ совпаденіе полученныхъ мною результатовъ съ результатами Массона и Бюрга, выведенными изъ пяти тысячъ наблюденій Брэдлея и Маскелейна (Bradley et Maskelyne), давшимъ луннымъ таблицамъ точность, которую трудно превзойти и которой преимущественно обязаны своими успѣхами географія и мореходная астрономія. Должно, по справедливости замѣтить, что Майеръ одинъ изъ величайшихъ астрономовъ всѣхъ временъ, первый привелъ эти таблицы на степень точности, необходимую для такого важнаго предмета. Массонъ и Бюргъ приняли форму имъ данную: они исправили коэффиціенты неравенствъ и присовокупили нѣсколько новыхъ, указанныхъ теоріею. Сверхъ того, изобрѣтеніемъ повторительнаго круга, значительно усовершенствованнаго Бордою, Майеръ далъ морскимъ наблюденіямъ туже точность, которою онъ одарилъ лунныя таблицы. Наконецъ, Буркхартъ усовершенствовалъ лунныя таблицы, давъ ихъ аргументамъ простѣйшую и удобнѣйшую форму и опредѣливъ ихъ коэффиціенты изъ сложности всѣхъ новѣйшихъ наблюденій.

Предметомъ моей теоріи было показаніе, въ одномъ законѣ всемірнаго тяготѣнія, источника всѣхъ неравенствъ луннаго движенія; я хотѣлъ потомъ воспользоваться этимъ закономъ, для усовершенствованія лунныхъ таблицъ и для выведенія нѣкоторыхъ важныхъ элементовъ системы міра, какъ-то: вѣковыхъ уравненій луны, ея параллакса, параллакса солнца и сплюснутости земли. Къ счастію, въ то время какъ я трудился надъ этими изысканіями, Бюргъ, съ своей стороны, работалъ надъ усовершенствованіемъ лунныхъ таблицъ. Мой анализъ доставилъ ему нѣсколько новыхъ и весьма чувствительныхъ уравненій; а сдѣланное имъ ихъ сравненіе съ большимъ числомъ наблюденій, подтвердило ихъ существованіе и пролило много свѣта на элементы, о которыхъ я сей часъ говорилъ.

Движеніе луннаго перигея и узловъ представляютъ главныя слѣдствія возмущеній, претерпѣваемыхъ нашимъ спутникомъ. Первое приближеніе дало сначала геометрамъ только половину втораго изъ этихъ движеній. Изъ этого Клерò заключилъ, что законъ тяготѣнія не такъ простъ, какъ думали до того времени, и что онъ состоитъ изъ двухъ частей, изъ которыхъ первая, обратно пропорціо-

нальная квадратамъ разстояній, одна только чувствительна на большихъ разстояніяхъ планетъ отъ солнца; а вторая, возрастающая въ большемъ отношеніи, когда разстояніе уменьшается, становится чувствительною на разстояніи луны отъ земли. Бюффонъ сильно возсталъ противъ такого заключенія, основываясь на томъ, что первобытные законы природы должны быть самопростѣйшими и потому могутъ зависѣть только отъ одного модула (module) и выраженіе ихъ можетъ заключать въ себѣ только одинъ членъ. Такое соображеніе, безъ сомнѣнія, должно вести насъ къ осложненію закона притяженія только въ крайней необходимости; но незнаніе наше о существѣ этой силы не позволяетъ съ увѣренностію рѣшить вопросъ о простотѣ ея выраженія. Какъ бы то ни было, на этотъ разъ, метафизикъ былъ правѣе геометра, который самъ сознался въ своей ошибкѣ и сдѣлалъ важное замѣчаніе, что, продолжая приближеніе далѣе, законъ тяготѣнія даетъ движеніе луннаго перигея совершенно сходное съ наблюденіями; что и подтверждено потомъ всѣми занимавшимися этимъ предметомъ. Движеніе, выведенное мною изъ моей теоріи, разнится отъ истиннаго только $\frac{1}{140}$ частію своего цѣлаго. Разность, въ отношеніи движенія узловъ, недостигаетъ $\frac{1}{350}$.

Хотя анализъ необходимъ для показанія отношеній всѣхъ неравенствъ движенія луны къ дѣйствію солнца соединеннаго съ дѣйствіемъ земли на этого спутника; однакожъ, не прибѣгая къ нему, можно объяснить причины годоваго и вѣковаго уравненій луны. Я тѣмъ охотнѣе останавливаюсь на ихъ изложеніи, что изъ нихъ-то, какъ мы увидимъ, раждаются величайшія изъ лунныхъ неравенствъ, донынѣ мало чувствительныя, но которыя, въ теченіе вѣковъ, должны развиться предъ наблюдателями.

Въ своихъ соединеніяхъ съ солнцемъ, луна бываетъ къ нему ближе, чѣмъ земля и потому претерпѣваетъ отъ него сильнѣйшее вліяніе; слѣдовательно, разность притяженія солнца на оба тѣла стремится къ уменьшенію луннаго тяготѣнія на землю. Равномѣрно, въ противустояніяхъ луны съ солнцемъ, спутникъ нашъ, удаленный отъ него болѣе земли, слабѣе имъ притягивается; разность дѣйствій солнца здѣсь опять стремится къ уменьшенію тяготѣнія луны. Въ обоихъ случаяхъ, это уменьшеніе весьма приблизительно одинаково и равно дважды взятому произведенію массы солнца на ея частное отъ дѣленія радіуса лунной орбиты на кубъ разстоянія земли отъ солнца. Въ квадратурахъ, дѣйствіе солнца на луну, разложенное по лунному радіусу-вектору, стремится къ увеличенію луннаго тяготѣнія на землю; но возрастаніе этой тяжести составляетъ только половину уменьшенія ея въ сизигіяхъ. Такимъ образомъ, изъ всѣхъ дѣйствій солнца на луну, въ теченіе ея синодическаго обращенія, происходитъ средняя сила, направленная по лунному радіусу-вектору, уменьшающая тяжесть этого спутника и равная половинѣ произведенія массы солнца на частное радіуса лунной орбиты, раздѣленнаго на кубъ разстоянія солнца отъ земли.

Чтобы получить отношеніе этого произведенія къ тяжести луны, мы замѣчаемъ, что эта сила, удерживающая луну въ ея орбитѣ, весьма приблизительно равна суммѣ массъ земли и луны, раздѣленной на квадратъ ихъ взаимнаго разстоянія, и что сила, удерживающая землю въ ея орбитѣ, весьма приблизительно равняется массѣ солнца, раздѣленной на квадратъ его разстоянія отъ земли. По теоріи центральныхъ силъ, изложенной въ третьей книгѣ, эти силы относятся какъ радіусы орбитъ луны и земли, взаимно раздѣленные на квадраты временъ обращенія этихъ свѣтилъ. Изъ этого слѣдуетъ, что выше-приведен-

ное произведеніе относится къ тяготѣнію луны, какъ квадратъ времени звѣзднаго обращенія луны относится къ квадрату звѣзднаго обращенія земли: поэтому, произведеніе это весьма приблизительно равно $\frac{1}{179}$ того тяготѣнія, уменьшеннаго среднимъ дѣйствіемъ солнца на $\frac{1}{358}$ часть цѣлаго.

Вслѣдствіе этого уменьшенія, луна поддерживается на большомъ разстояніи отъ земли, чѣмъ если бы она была предоставлена полному дѣйствію своей тяжести. Секторъ, описанный ея радіусомъ векторомъ вокругъ земли, отъ того не измѣняется, потому что упомянутая сила направлена по этому радіусу. Но дѣйствительною скорость и угловое движеніе луны уменьшаются, и нетрудно видѣть, что удаляя луну такъ, чтобы центробѣжная ея сила сравнялась съ ея тяжестію уменьшенною дѣйствіемъ солнца, и чтобы ея радіусъ векторъ описывалъ секторъ равный тому, который бы онъ описалъ въ тоже самое время безъ этого дѣйствія; радіусъ этотъ увеличится на $\frac{1}{358}$ его часть, а угловое движеніе уменьшится на $\frac{1}{179}$.

Эти количества измѣняются обратно пропорціонально кубамъ разстояній солнца отъ земли. Когда солнце въ перигеѣ, дѣйствіе его становясь могущественнѣе, расширяетъ лунную орбиту; но эта орбита съуживается по мѣрѣ того какъ солнце подвигается къ своему апогею. Такимъ образомъ, луна описываетъ рядъ эпициклоидъ, которыхъ центры находятся на земной орбитѣ и которыя расширяются и съуживаются, по мѣрѣ того, какъ земля приближается къ солнцу или отъ него удаляется. Отсюда происходитъ въ ея угловомъ движеніи неравенство подобное уравненію солнечнаго центра, съ тою разницею, что оно замедляетъ это движеніе когда движеніе солнца

увеличивается и, напротивъ, ускоряетъ первое когда второе уменьшается, такъ что оба уравненія имѣютъ противные знаки. Угловое движеніе солнца, какъ мы видѣли въ первой книгѣ, обратно пропорціонально квадрату его разстоянія. Въ перигеѣ это разстояніе на $\frac{1}{60}$ менѣе средняго и угловая скорость увеличивается на $\frac{1}{30}$: уменьшеніе на $\frac{1}{179}$, произведенное дѣйствіемъ солнца въ лунномъ движеніи, будучи пропорціонально увеличенію куба разстоянія солнца отъ земли, оно тогда увеличится на $\frac{1}{20}$ и возрастаніе этого уменьшенія будетъ 3580 часть этого движенія. Отсюда слѣдуетъ, что уравненіе солнечнаго центра относится къ годовому уравненію луны, какъ $\frac{1}{30}$ солнечнаго движенія относится къ $\frac{1}{3580}$ луннаго движенія; что даетъ 2398″ для годичнаго уравненія. По наблюденіямъ, оно около $\frac{1}{8}$ менѣе: эта разность зависитъ отъ количествъ отброшенныхъ въ этомъ первомъ вычисленіи.

Причина, производящая вѣковое уравненіе луны, подобна той, которая производитъ ея годичное уравненіе. Галлей первый замѣтилъ это уравненіе, которое Донторнъ (Dunthorne) и Майеръ подтвердили глубокимъ изслѣдованіемъ наблюденій. Эти два ученые астронома открыли, что одно и тоже среднее лунное движеніе не можетъ удовлетворить новѣйшимъ наблюденіямъ и затмѣніямъ, видѣннымъ халдеями и арабами. Они старались представить ихъ, прибавляя къ среднимъ наблюденіямъ этого спутника количество, пропорціональное квадрату числа вѣковъ ранѣе или позже 1700 года. По Донторну это количество$=30'',9$, для перваго вѣка: Майеръ же опредѣлилъ его въ 21″6, въ своихъ первыхъ таблицахъ луны, и возвысилъ до 27″8, въ послѣднихъ. Наконецъ, Лаландъ новымъ разсмотрѣ-

ніемъ предмета былъ приведенъ къ Донторнову результату.

Арабскія наблюденія, преимущественно принятыя въ соображеніе, были два солнечныя и одно лунное затмѣніе, наблюденныя въ Каирѣ Эбнъ-Юнисомъ, около конца X вѣка, и давно уже извлеченныя изъ рукописи этого астронома, хранящейся въ Лейденской библіотекѣ. Касательно дѣйствительности этихъ затмѣній возникали сомнѣнія, но переводъ, сдѣланный Коссеномъ (Caussin) той части этой драгоцѣнной рукописи, которая заключаетъ въ себѣ наблюденія, разсѣялъ всѣ сомнѣнія. Этотъ переводъ познакомилъ насъ, кромѣ того, съ 25 другими затмѣніями, наблюденными арабами и подтверждающими ускореніе средняго движенія луны. Впрочемъ, для этого достаточно сравнить новѣйшія наблюденія съ греческими и халдейскими. Въ самомъ дѣлѣ, Деламбръ, Буваръ и Бюргъ опредѣливъ, помощію большаго числа наблюденій двухъ предшествовавшихъ вѣковъ, нынѣшнее вѣковое движеніе съ точностію, оставляющею лишь весьма легкую неопредѣленность, нашли его на шесть или семь сотъ секундъ болѣе, чѣмъ изъ сравненія новѣйшихъ наблюденій съ древними. Слѣдовательно, лунное движеніе ускорилось со временъ халдеевъ; а такъ какъ арабскія наблюденія, сдѣланныя въ промежутокъ времени, раздѣляющій насъ отъ халдеевъ, подтвердили сказанный результатъ, то и невозможно долѣе въ немъ сомнѣваться.

Какая же причина могла произвести подобное явленіе? Всемірное тяготѣніе такъ хорошо познакомившее насъ съ многочисленными неравенствами луны, объясняетъ ли также ея вѣковое неравенство?

Разрѣшеніе этихъ вопросовъ тѣмъ интереснѣе, что имъ можно получить законъ вѣковыхъ измѣненій луннаго движенія, потому что ипотеза ускоренія пропорціональнаго

времени, допущенная астрономами, только приблизительная и не должна распространяться на неопредѣленное время.

Геометры много трудились надъ этимъ предметомъ; но ихъ изслѣдованія долгое время оставались безплодными, не показавъ ни въ дѣйствіи солнца и планетъ на луну, ни въ отклоненіи отъ фигуры шара земли и ея спутника, ничего могущаго чувствительно измѣнить среднее движеніе послѣдняго. Тогда, нѣкоторые геометры рѣшились отбросить вѣковое уравненіе луны; другіе, для его объясненія, прибѣгали къ различнымъ причинамъ, каковы — дѣйствіе кометъ, сопротивленіе эѳира, и послѣдовательное распространеніе тяжести. Однакожъ, соотвѣтственность другихъ небесныхъ явленій съ теоріею тяготѣнія такъ совершенна, что нельзя было безъ сожалѣнія видѣть, что вѣковое уравненіе луны не поддается этой теоріи и дѣлаетъ единственное исключеніе изъ общаго и простаго закона, котораго открытіе сдѣлало такую честь человѣческому уму величіемъ и разнообразіемъ предметовъ имъ обнимаемыхъ. Это побудило меня заняться вновь упомянутымъ явленіемъ, и, послѣ нѣсколькихъ попытокъ, я наконецъ открылъ его причину.

Вѣковое уравненіе луны происходитъ отъ дѣйствія солнца на этого спутника, въ соединеніи съ вѣковымъ измѣненіемъ эксцентрицитета земной орбиты.

Чтобы составить себѣ вѣрную идею объ этой причинѣ, припомнимъ что элементы земной орбиты претерпѣваютъ измѣненія отъ дѣйствія планетъ. Большая ось ея остается навсегда неизмѣнною; но ея эксцентрицитетъ, ея наклоненіе къ постоянной плоскости, положеніе ея узловъ и ея перигелія безпрерывно измѣняются. Припомнимъ еще, что дѣйствіе солнца на луну уменьшаетъ ея угловую ско-

4*

рость на $\frac{1}{179}$, и что ея численный коэффиціентъ измѣняется обратно пропорціонально кубу разстоянія земли отъ солнца. Разлагая обратный кубъ этого разстоянія въ строку расположенную по синусамъ и косинусамъ средняго движенія земли и его кратныхъ, и взявъ большую полуось земли за единицу, мы найдемъ, что эта строка содержитъ членъ равный трижды взятой половинѣ квадрата эксцентрицитета этой орбиты: слѣдовательно, уменьшеніе угловой скорости луны заключаетъ въ себѣ произведеніе этого числа на $\frac{1}{179}$ этой скорости. Это произведеніе смѣшалось бы съ среднею угловою скоростію луны, если бы эксцентрицитетъ земной орбиты былъ постояненъ; но измѣненіе его, хотя и весьма малое, оказываетъ со временемъ замѣтное вліяніе на лунное движеніе. Очевидно, оно ускоряетъ это движеніе, когда эксцентрицитетъ уменьшается, что и совершается съ древнѣйшихъ наблюденій до нашего времени. Это ускореніе превратится въ замедленіе когда эксцентрицитетъ, достигнувъ наименьшей величины, перестанетъ уменьшаться и начнетъ увеличиваться.

Въ промежутокъ между 1750 и 1850 годами, квадратъ эксцентрицитета земной орбиты уменьшился на 0,00000140595; и соотвѣтствующее увеличеніе скорости угловаго движенія луны было на $\frac{1}{0,000000017821}$ этой скорости. Такъ какъ это увеличеніе совершалось постепенно и пропорціонально времени, то дѣйствіе его на движеніе луны было въ половину менѣе, чѣмъ если бы во все теченіе вѣка оно было одинаково съ тѣмъ, которое существовало въ концѣ вѣка. Поэтому, для опредѣленія того дѣйствія или вѣковаго уравненія луны въ концѣ вѣка, начиная съ 1801 г., должно умножить вѣковое движеніе луны на половину весьма малаго возрастанія ея угловой скорости. А такъ какъ въ одинъ вѣкъ движеніе луны равняется 5347405406″, то для ея вѣковаго уравненія мы получимъ 31″,5017.

Пока уменьшеніе квадрата эксцентрицитета земной орбиты можетъ быть предполагаемо пропорціональнымъ времени, вѣковое уравненіе луны будетъ возрастать чувствительно какъ квадратъ времени. Поэтому, достаточно будетъ умножить 31″,5017 на квадратъ числа вѣковъ, протекшихъ между временемъ для котораго его вычисляютъ и началомъ девятнадцатаго вѣка. Но я нашелъ, что, восходя къ халдейскимъ наблюденіямъ, членъ пропорціональный кубу времени, въ рядовомъ выраженіи вѣковаго уравненія луны, становится чувствительнымъ. Этотъ членъ равняется 0″,057214 для перваго вѣка. Онъ долженъ быть помножаемъ кубомъ числа вѣковъ, начиная съ 1801 г., ибо это произведеніе есть отрицательное для вѣковъ предыдущихъ.

Среднее дѣйствіе солнца на луну зависитъ еще отъ наклоненія лунной орбиты къ эклиптикѣ; а такъ какъ положеніе эклиптики измѣняется, то можно бы думать, что отъ этого должны происходить въ движеніи нашего спутника вѣковыя неравенства, подобныя тѣмъ, которыя производитъ эксцентрицитетъ земной орбиты. Но анализъ показалъ мнѣ, что дѣйствіемъ солнца лунная орбита безпрерывно приводится къ тому же наклоненію какъ и земля; такъ что наибольшія и наименьшія склоненія луны, вслѣдствіе вѣковыхъ измѣненій наклоненія эклиптики, подвержены тѣмъ же перемѣнамъ какъ и подобныя склоненія солнца. Такое постоянство въ наклоненіи лунной орбиты подтверждается всѣми древними и новыми наблюденіями. Эксцентрицитетъ лунной орбиты и ея большая ось рав-

номѣрно претерпѣваютъ только нечувствительныя измѣненія отъ измѣненій въ эксцентрицитетѣ земной орбиты.

Совсѣмъ другое видимъ мы относительно движенія луннаго перигея и узловъ. Подвергая эти измѣненія анализу, я нашелъ, что вліяніе членовъ, зависящихъ отъ квадрата возмущающей силы, и которые, какъ мы видѣли, удвоиваютъ среднее движеніе перигея, еще значительнѣе дѣйствуетъ на измѣненія этого движенія. Результатъ этого труднаго анализа далъ мнѣ вѣковое уравненіе въ трое большее вѣковаго уравненія средняго движенія луны, за вычетомъ средней долготы ея перигея; такъ что среднее движеніе перигея замедляется когда таковое же движеніе луны ускоряется. Подобнымъ же образомъ я нашелъ, въ движеніи узловъ лунной орбиты по истинной эклиптикѣ, вѣковое уравненіе, присовокупляющееся къ ихъ средней долготѣ и равное $\frac{735}{1000}$ вѣковаго уравненія средняго движенія. Такимъ образомъ, движеніе узловъ и перигея замедляется когда движеніе луны ускоряется; и вѣковыя уравненія этихъ трехъ движеній находятся постоянно въ отношеніяхъ чиселъ:

0,735; 3; 1.

Изъ этого легко заключить, что три движенія луны относительно солнца, въ перигеѣ и въ узлахъ, ускоряются, и что ихъ вѣковыя уравненія относятся какъ числа:

1; 4; 0, 265.

Будущіе вѣка разовьютъ эти великія неравенства, которыя, современемъ, произведутъ измѣненія равныя, по крайней мѣрѣ, $^1/_{40}$ окружности въ вѣковомъ движеніи луны, и $^1/_{13}$ окружности въ движеніи перигея. Эти неравенства не всегда бываютъ возрастающія: они періодичны, подобно неравенствамъ эксцентрицитета земной орбиты, отъ котораго они зависятъ и вознаграждаются только по прошествіи милліоновъ лѣтъ. Со временемъ, они должны видоизмѣнить періоды, придуманные для выраженія цѣлыми числами обращеній луны относительно ея узловъ, ея перигея и солнца, періоды чувствительно измѣняющіеся въ различныхъ частяхъ огромнаго періода вѣковаго уравненія. Луно-солнечный шестисотлѣтній періодъ былъ строго точенъ въ эпоху, до которой нетрудно бы было дойти помощію анализа, если бы массы планетъ были съ точностію извѣстны. Но, это послѣднее условіе, столь желательное для совершенства астрономическихъ теорій, еще не существуетъ. Къ счастію, Юпитеръ, масса котораго хорошо опредѣлена, имѣетъ болѣе прочихъ планетъ вліянія на вѣковое уравненіе луны; а массы другихъ планетъ такъ довольно приблизительно извѣстны, что нечего опасаться очень чувствительной погрѣшности относительно величины упомянутаго уравненія.

Древнія наблюденія, не смотря на ихъ несовершенство, уже подтверждаютъ эти неравенства, за ходомъ которыхъ можно прослѣдить, какъ въ наблюденіяхъ, такъ и въ астрономическихъ таблицахъ, сплошь до нашего времени. Мы видѣли, что древнія затмѣнія указали ускореніе движенія луны, прежде чѣмъ теорія тяготѣнія развила ихъ причину. Сравнивая съ этою теоріею какъ новѣйшія наблюденія, такъ и затмѣнія наблюденныя арабами, греками и халдеями, мы находили между ними согласіе, которое покажется удивительнымъ, если взять въ соображеніе несовершенство древнихъ наблюденій и неточность остающуюся понынѣ въ измѣненіяхъ эксцентрицитета земной орбиты, вслѣдствіе неточнаго знанія массъ Венеры и Марса. Развитіе вѣковыхъ уравненій луны послужитъ одною изъ соотвѣтственнѣйшихъ данныхъ, для опредѣленія этихъ массъ.

Особенно интересно повѣрить теорію тяжести относительно вѣковаго уравненія перигея лунной орбиты или аномаліи въ четверо бо́льшей чѣмъ вѣковое уравненіе средняго движенія. Ея открытіе привело меня къ заключенію, что нужно уменьшить отъ 15 до 16 минутъ нынѣшнее вѣковое движеніе перигея, принятое астрономами и выведенное изъ сравненія новыхъ наблюденій съ древними. Въ самомъ дѣлѣ, не принявъ въ соображеніе вѣковаго уравненія этого движенія, они должны были найти его слишкомъ скорымъ, точно также, какъ не принимая въ разсчетъ вѣковаго уравненія средняго движенія луны, они должны были приписать ему величину менѣе истинной. Буваръ и Бюргъ подтвердили это опредѣленіемъ нынѣшняго вѣковаго движенія луннаго перигея, помощію весьма большаго числа новѣйшихъ наблюденій. Сверхъ того, Буваръ отыскалъ тоже самое движеніе помощію арабскихъ и древнѣйшихъ наблюденій, принимая въ соображеніе вѣковое уравненіе, котораго существованіе неопровержимо такимъ образомъ доказано.

Среднія движенія и эпохи таблицъ Алмагеста и арабскихъ очевидно указываютъ упомянутыя три вѣковыя уравненія движеній луны. Птолемеевы таблицы представляютъ результаты огромныхъ вычисленій какъ самаго Птолемея, такъ и Иппарха. Трудъ Иппарха не дошелъ до насъ: мы только знаемъ, изъ свидѣтельства Птолемея, что онъ (Иппархъ) съ величайшимъ тщаніемъ выбралъ затмѣнія, самыя выгодныя для опредѣленія элементовъ, которыя отыскивалъ. Послѣ двухъ съ половиною вѣковъ новыхъ наблюденій, Птолемей только весьма мало измѣнилъ эти элементы. Поэтому, нѣтъ сомнѣнія, что элементы, употребленные въ его таблицахъ, были опредѣлены помощію весьма большаго числа затмѣній, изъ которыхъ онъ упомянулъ только о тѣхъ, которыя казались ему наиболѣе подходящими къ среднимъ результатамъ Иппарха и его собственнымъ. Помощію затмѣній можно хорошо узнать только среднее синодическое движеніе луны и ея разстоянія отъ ея узловъ и ея перигея: слѣдовательно въ таблицахъ Алмагеста можно разсчитывать только на эти элементы. Восходя къ первой эпохѣ этихъ таблицъ, помощію движеній опредѣленныхъ одними новѣйшими наблюденіями, мы не находимъ среднихъ разстояній луны отъ ея узловъ, отъ ея перигея и отъ солнца, указываемыхъ тѣми таблицами для упомянутой эпохи. Количества, которыя должно прибавить къ тѣмъ разстояніямъ весьма приблизительно равны тѣмъ, которыя выводятся изъ вѣковыхъ уравненій. Такимъ образомъ, элементы Птолемеевыхъ таблицъ одновременно указываетъ существованіе этихъ уравненій и величины, которые я для нихъ назначилъ.

Движенія луны, относительно ея перигея и солнца, медленнѣе въ таблицахъ Алмагеста чѣмъ въ наше время и указываютъ, такимъ образомъ, на ускореніе этихъ движеній, указанное также, какъ поправками Албатенія, сдѣланными въ элементахъ упомянутыхъ таблицъ восемь вѣковъ позже Птолемея, такъ и эпохами таблицъ Эбнъ-Юниса, составленныхъ около 1000 года, изъ совокупности халдейскихъ, греческихъ и арабскихъ наблюденій.

Замѣчательно, что уменьшеніе эксцентрицитета земной орбиты гораздо чувствительнѣе въ движеніяхъ луны, нежели само собою. Это уменьшеніе, которое со времени древнѣйшаго изъ извѣстныхъ намъ затмѣній, не видоизмѣнило на 15 минутъ уравненіе солнечнаго центра, произвело въ долготѣ луны измѣненіе въ два градуса, я въ средней ея аномаліи измѣненіе въ восемъ градусовъ. Упомянутое уменьшеніе едва можно было подозрѣвать по наблюденіямъ Иппарха и Птолемея; наблюденія арабовъ указывали на него съ большимъ вѣроятіемъ; но сравненіе

древнихъ затмѣній съ теоріею тяготѣнія не оставляетъ въ этомъ отношеніи никакого сомнѣнія. Это отраженіе (если смѣю такъ выразиться) вѣковыхъ измѣненій земной орбиты въ движеніи луны, вслѣдствіе дѣйствія солнца, имѣетъ мѣсто даже для періодическихъ неравенствъ. Такимъ образомъ, уравненіе центра земной орбиты является въ орбитѣ лунной съ противнымъ знакомъ и приведенное почти къ десятой части своей величины. Точно также, неравенство, причиненное луннымъ дѣйствіемъ въ движеніи земли, воспроизводится въ движеніи луны, только ослабленное въ отношеніи приблизительно 1 къ 2. Наконецъ, дѣйствіе солнца, передавая лунѣ неравенства причиняемыя планетами въ земномъ движеніи, дѣлаетъ это косвенное дѣйствіе планетъ на луну значительнѣе ихъ непосредственнаго дѣйствія на нашего спутника.

Здѣсь мы видимъ примѣръ, какимъ образомъ развитіе явленій объясняетъ намъ ихъ истинныя причины. Когда было извѣстно одно только ускореніе средняго движенія луны, то можно было приписывать его сопротивленію эѳира или послѣдовательному распространенію тяжести. Но анализъ показываетъ намъ, что эти двѣ причины не могутъ произвести никакого чувствительнаго видоизмѣненія въ среднихъ движеніяхъ узловъ и перигея луны; и этого одного уже достаточно для исключенія упомянутыхъ выше причинъ, хотя бы истинная причина замѣченныхъ измѣненій въ движеніяхъ и не была еще извѣстна. Согласіе теоріи съ наблюденіями доказываетъ, что если среднія движенія луны видоизмѣняются причинами посторонними всемірному тяготѣнію, то вліяніе ихъ весьма слабо и до сихъ поръ незамѣтно.

Такое согласіе устанавливаетъ несомнѣннымъ образомъ постоянство длины сутокъ, существенный элементъ всѣхъ астрономическихъ теорій. Если бы эта длина превосходила теперь ту, которая существовала во времена Иппарха на $\frac{1}{100}$ секунды, то длина нынѣшняго вѣка превосходила бы длину вѣка въ которомъ жилъ Иппархъ на 365″,25. Въ такой промежутокъ времени луна описываетъ дугу въ 534″,6; поэтому нынѣшнее среднее вѣковое движеніе луны увеличилось бы на вышеупомянутое количество, что увеличило бы на 13″,51 ея вѣковое уравненіе, для перваго вѣка, начиная съ 1801 года, которое, изъ вышесказаннаго выводится = 31″,5017. Наблюденія не позволяютъ предположить такого значительнаго увеличенія; и потому можно утвердительно сказать, что со временъ Иппарха, длина сутокъ не измѣнилась на $\frac{1}{100}$ часть секунды.

Одно изъ важнѣйшихъ уравненій лунной теоріи, зависящее отъ сплюснутости земли, относится къ движенію луны по широтѣ. Это неравенство пропорціонально синусу истинной долготы нашего спутника. Оно представляетъ результатъ нутаціи лунной орбиты, нутаціи, произведенной дѣйствіемъ земнаго сфероида и соотвѣтствующей той, которую луна производитъ въ нашемъ экваторѣ, такъ что одна изъ этихъ нутацій есть противудѣйствіе другой; и если бы всѣ частички земли и луны были прочно соединены между собою негибкими и неимѣющими массы прямыми, то цѣлая система была бы въ равновѣсіи вокругъ центра тяжести земли, вслѣдствіе силъ производящихъ обѣ нутаціи; при этомъ сила, побуждающая луну, вознаградила бы свою слабость длиною рычага, къ которому бы она прилагалась.

Это неравенство по широтѣ можетъ быть представлено, вообразивъ что лунная орбита, вмѣсто того, чтобы равномѣрно двигаться по эклиптикѣ, съ постояннымъ наклоненіемъ, движется, съ тѣми же условіями, на плоскости весьма мало наклоненной къ эклиптикѣ и постоянно про-

ходящей чрезъ равноденствія, между эклиптикою и экваторомъ. Это явленіе повторяется гораздо замѣтнѣйшимъ образомъ въ движеніяхъ спутниковъ Юпитера, вслѣдствіе значительной сплюснутости этой планеты. Такимъ образомъ, это неравенство уменьшаетъ наклоненіе лунной орбиты къ эклиптикѣ, когда ея восходящій узелъ совпадаетъ съ весеннимъ равноденствіемъ; и, напротивъ того, уменьшаетъ то наклоненіе, когда упомянутый узелъ совпадаетъ съ осеннимъ равноденствіемъ. Послѣднее случилось въ 1755 году и было причиною того, что наклоненіе, выведенное Массономъ изъ наблюденій Брэдлея, отъ 1750 по 1760 г., оказалось слишкомъ большимъ. Въ самомъ дѣлѣ, Бюргъ, опредѣлившій его изъ наблюденій сдѣланныхъ въ гораздо должайшій періодъ, и принявшій въ соображеніе вышесказанное неравенство, нашелъ наклоненіе $11''\frac{1}{2}$ меньшее. Этотъ астрономъ, по моей просьбѣ, опредѣлилъ коэффиціентъ этого неравенства, изъ весьма большаго числа наблюденій, и нашелъ его равнымъ — 24,″6914. Буркхартъ, изъ еще большаго числа наблюденій вывелъ тотъ же самый результатъ и указалъ, для сплюснутости земли, цыфру $\frac{1}{304,6}$.

Эта сплюснутость можетъ быть еще опредѣлена помощію неравенства луннаго движенія по долготѣ, зависящаго отъ долготы луннаго узла. Наблюденіе указало его Майеру, и Массонъ принялъ его за 23,″765; но такъ какъ оно казалось не изливающимся изъ теоріи тяготѣнія, то большая часть астрономовъ не принимала его въ разсужденіе. Упомянутая теорія показала мнѣ, что оно зависитъ отъ сплюснутости земли. Бюргъ и Буркхартъ, изъ большаго числа наблюденій, опредѣлили его въ 20,″987, что соотвѣтствуетъ сплюснутости въ $\frac{1}{305,05}$, весьма приблизительно равной той, которая выводится изъ вышеупомянутаго дви-

женія по широтѣ. Такимъ образомъ, наблюденіемъ движеній луны, усовершенствованная астрономія сдѣлала чувствительною эллиптичность земли, круглота которой открыта первыми астрономами посредствомъ затмѣній.

Оба вышеобъясненныя неравенства заслуживаютъ полнаго вниманія наблюдателей. Они имѣютъ преимущество предъ геодезическими измѣреніями тѣмъ, что даютъ сплюснутость земли способомъ менѣе зависящимъ отъ неправильностей земной фигуры. Если бы земля была однородна, то они были бы гораздо значительнѣе чѣмъ выводимыя изъ наблюденій, которыя, слѣдовательно, говорятъ противъ такой однородности. Отсюда слѣдуетъ еще, что тяготѣніе луны къ землѣ составляется изъ притяженій всѣхъ частичекъ этой планеты и доставляетъ новое доказательство притяженія всѣхъ частей матеріи.

Теорія, въ соединеніи съ опытами надъ маятникомъ и съ измѣреніями земныхъ градусовъ, даетъ, какъ мы видѣли въ первой главѣ этой книги, лунный параллаксъ весьма приблизительно сходный съ тѣмъ, который выводится изъ наблюденій; такъ что, обратно, можно бы вывести изъ этихъ наблюденій величину земли.

Наконецъ, солнечный параллаксъ можетъ быть съ точностію опредѣленъ помощію луннаго уравненія по долготѣ, зависящаго отъ простаго угловаго разстоянія луны отъ солнца. Для этого, я, съ особеннымъ тщаніемъ, вычислилъ коэффиціентъ того уравненія, и сравнивая его съ тѣмъ, который Буркхартъ и Бюргъ нашли изъ сравненія длиннаго ряда наблюденій, я заключилъ, что средній параллаксъ солнца равняется 26,″58. Подобная же величина выведена многими астрономами изъ послѣдняго прохожденія Венеры.

Весьма замѣчательно, что астрономъ, не выходя изъ своей обсерваторіи, и только сравнивая свои наблюденія

съ анализомъ, можетъ съ точностію опредѣлить величину и сплюснутость земли и разстоянія этой планеты отъ солнца и луны, элементы, которыхъ познаніе было плодовъ долгихъ и трудныхъ путешествій по обоимъ полушаріямъ. Сходство результатовъ, полученныхъ чрезъ каждую изъ этихъ методъ, представляетъ одно изъ самыхъ разительныхъ доказательствъ, свидѣтельствующихъ въ пользу всемірнаго тяготѣнія.

Наши лучшія лунныя таблицы основаны на теоріи и на наблюденіяхъ. Они берутъ у теоріи аргументы неравенствъ, которые весьма трудно опредѣлить изъ однихъ наблюденій. Въ моей *Небесной механикѣ*, я опредѣлилъ коэффиціентъ этихъ аргументовъ способомъ весьма приблизительнымъ; но малое стремленіе приближеній къ схожденію и трудность отыскать, въ огромномъ числѣ членовъ развиваемыхъ анализомъ, тѣ, которые чрезъ интегрированіе могутъ получить чувствительную величину, чрезвычайно затрудняетъ отыскиваніе упомянутыхъ коэффиціентовъ. Сама природа представляетъ намъ въ собраніяхъ наблюденій результаты этихъ интегрированій столь трудно получаемыхъ путемъ анализа. Для ихъ опредѣленія, Буркхартъ и Бюргъ употребили нѣсколько тысячъ наблюденій, и доставили своимъ луннымъ таблицамъ большую точность. Желая изгнать изъ нихъ всякій эмпиризмъ и подвергнуть изслѣдованіямъ другихъ геометровъ различные деликатные вопросы теоріи, до которой я дошелъ первый (каковы, напримѣръ, вѣковыя уравненія движеній луны), я побудилъ академію наукъ предложить на конкурсъ для математической преміи 1820 года, составленіе, помощію одной теоріи, лунныхъ таблицъ столь же совершенныхъ какъ и тѣ, которыя были составлены совокупнымъ пособіемъ теоріи и наблюденій. Два труда были увѣнчаны академіею. Авторъ одного изъ нихъ, Дамуазо присоединилъ къ нему таблицы, которыя, при сравненіи съ наблюденіями, представляли ихъ съ точностію нашихъ лучшихъ таблицъ. Авторы обоихъ отвѣтныхъ сочиненій соглашаются относительно періодическихъ и вѣковыхъ неравенствъ лунныхъ движеній. Они мало разнятся отъ моего результата касательно вѣковаго уравненія средняго движенія; только, вмѣсто чиселъ

1; 4; 0,265

которыми я представилъ отношенія вѣковыхъ уравненій движеній луны относительно солнца, перигея лунной орбиты и ея узловъ, они нашли числа

1; 4, 6776; 0,391.

Дамуазо, въ своемъ сочиненіи, нашелъ второе изъ упомянутыхъ чиселъ весьма близкимъ къ 4; но, просмотрѣвъ свои вычисленія съ особеннымъ тщаніемъ, онъ пришелъ къ результату Планы и Карлини, авторовъ втораго отвѣтнаго сочиненія. Такъ какъ они простерли приближенія весьма далеко, то ихъ числамъ должно отдать преимущество предъ тѣми, которые опредѣлены мною. Наконецъ, эти приближенія дали имъ среднія движенія перигея и узловъ лунной орбиты, въ строгости сходныя съ наблюденіями.

Изъ вышесказаннаго неоспоримо слѣдуетъ, что законъ всемірнаго тяготѣнія составляетъ единственную причину всѣхъ лунныхъ неравенствъ; и если принять въ соображеніе большое количество и величину этихъ неравенствъ и близость нашего спутника къ землѣ, то приходимъ къ убѣжденію, что изъ всѣхъ небесныхъ тѣлъ, луна всего положительнѣе говоритъ въ пользу этого великаго закона природы и могущества анализа, чудеснаго орудія, безъ котораго умъ человѣческій не въ состояніи бы былъ проникнуть такой сложной теоріи, и которое можетъ слу-

жить средствомъ открытій столь же надежнымъ какъ и самыя наблюденія.

Нѣкоторые защитники конечныхъ причинъ вообразили себѣ, что луна назначена для освѣщенія земныхъ ночей. Въ такомъ случаѣ, природа не достигла бы предназначенной цѣли, потому что часто мы одновременно лишены свѣта солнца и луны. Цѣль эта была бы гораздо лучше достигнута помѣщеніемъ, въ началѣ вещей, луны въ противоположеніи съ солнцемъ, въ самой плоскости эклиптики, на разстояніи отъ земли равномъ $\frac{1}{100}$ разстоянія земли отъ солнца; а потомъ сообщеніемъ лунѣ и землѣ параллельныхъ скоростей пропорціональныхъ ихъ разстояніямъ отъ дневнаго свѣтила. Тогда луна, находясь безпрерывно въ противуположеніи съ солнцемъ, описывала бы вокругъ него эллипсъ подобный земному. Оба свѣтила появлялись бы поочередно на горизонтѣ, и какъ, на упомянутомъ разстояніи, луна не подвергалась бы затмѣніямъ, то свѣтъ ея постоянно замѣнялъ бы солнечный.

Другіе философы, пораженные мнѣніемъ жителей Аркадіи, считавшихъ себя древнѣе луны, полагали, что этотъ спутникъ былъ предварительно кометою которая, проходя весьма близко отъ земли, притяженіемъ послѣдней, сдѣлалась ея спутникомъ. Но, восходя помощію анализа къ отдаленнѣйшимъ временамъ, мы видимъ луну постоянно движущеюся въ почти кругообразной орбитѣ, подобно тому какъ планеты движутся вокругъ солнца. Такимъ образомъ, ни луна, ни какой либо другой спутникъ, никогда не были кометами.

Такъ такъ тяжесть на поверхности луны гораздо слабѣе чѣмъ на землѣ и луна притомъ не имѣетъ атмосферы могущей представить замѣтное сопротивленіе движенію тѣлъ бросаемыхъ; то понятно, что тѣло брошенное съ

большою силою, изверженіемъ луннаго вулкана, можетъ достигнуть и даже перейти за предѣлы гдѣ притяженіе земли начинаетъ превозмогать притяженіе луны. Для этого достаточно, чтобы начальная его скорость, по отвѣсной линіи, равнялась 2500 метрамъ въ секунду. Тогда, вмѣсто того, чтобы снова упасть на луну, тѣло сдѣлается спутникомъ земли и будетъ описывать вокругъ нея болѣе или менѣе продолговатую орбиту. Первоначальный толчекъ можетъ быть такъ направленъ, что упомянутое тѣло прямо встрѣтится съ земною атмосферою; оно можетъ, впрочемъ, достигнуть послѣдней послѣ нѣсколькихъ и даже весьма многихъ обращеній; потому что очевидно дѣйствіе солнца, измѣняющее весьма чувствительнымъ образомъ разстояніе луны отъ земли, должно произвести въ радіусѣ векторѣ спутника движущагося по весьма экцентрической орбитѣ, гораздо значительнѣйшія измѣненія, и, въ теченіи времени, можетъ уменьшить разстояніе перигея спутника до того, что онъ проникнетъ въ нашу атмосферу. Такое тѣло, проходя чрезъ нее съ большою скоростію, должно испытать весьма сильное сопротивленіе и вскорѣ упасть на земную поверхность. Треніе воздуха о поверхность тѣла достаточно для воспламененія и взрыва сего послѣдняго, если въ немъ содержатся вещества способныя загораться и производить взрывъ. Это представило бы намъ всѣ явленія аэролитовъ (*). Если будетъ доказано что аэролиты не составляютъ произведенія огнедышущихъ горъ, или атмосферы, и что происхожденіе ихъ должно быть отыскиваемо въ небесныхъ пространствахъ, то сказанная ипотеза, объясняющая притомъ сходство состава аэролитовъ одинаковостію ихъ происхожденія, была бы не лишена вѣроятности (ЖЖ).

(*) Такъ называемыхъ *камней падающихъ съ неба.* *Прим. перев.*

ГЛАВА ШЕСТАЯ.

О ВОЗМУЩЕНІЯХЪ ЮПИТЕРОВЫХЪ СПУТНИКОВЪ.

Послѣ луны, самые интереснѣйшіе спутники суть юпитеровы. Наблюденія этихъ свѣтилъ, первыхъ изъ открытыхъ помощію зрительныхъ трубъ, продолжаются не болѣе двухъ вѣковъ; а ихъ затмѣнія наблюдаются не болѣе полуторыхъ столѣтій (*); но, въ этотъ короткій промежутокъ, они, благодаря быстротѣ своихъ обращеній, представили намъ всѣ великія измѣненія развиваемыя временемъ съ такою крайнею медленностію въ планетной системѣ, которой система спутниковъ составляетъ уменьшенное изображеніе. Неравенства, происходящія отъ ихъ взаимнаго притяженія, мало разнятся отъ таковыхъ же неравенствъ планетъ и луны; впрочемъ, взаимныя отношенія среднихъ движеній первыхъ трехъ спутниковъ, даютъ нѣкоторымъ изъ тѣхъ неравенствъ значительныя величины, имѣющія большое вліяніе на всю ихъ теорію. Мы видѣли, во второй книгѣ, что эти движенія находятся приблизительно въ половинной прогрессіи и подвержены весьма чувствительнымъ неравенствамъ, которыхъ періоды, различные одинъ отъ другаго, превращаются при затмѣніяхъ въ одинъ $= 437^{\text{дн.}}$; 659. Эти неравенства представляются первыми въ теоріи спутниковъ, какъ они представились первыми для наблюдателей. Теорія не только опредѣляетъ эти неравенства, но сверхъ того показываетъ намъ (указанное наблюденіями съ большою вѣроятностію) что неравенство втораго спутника есть результатъ двухъ неравенствъ, изъ которыхъ *одно*, происходя отъ дѣйствія перваго спутника, измѣняется какъ синусъ избытка долготы перваго спутника надъ долготою втораго, а *другое*, произведенное дѣйствіемъ третьяго спутника, измѣняется какъ синусъ двойнаго избытка долготы втораго спутника надъ долготою третьяго. Такимъ образомъ, второй спутникъ испытываетъ со стороны перваго возмущеніе подобное тому, которое онъ самъ производитъ въ третьемъ; и, въ свою очередь, претерпѣваетъ со стороны третьяго возмущеніе подобное тому, которое онъ производитъ въ первомъ. Эти два неравенства смѣшиваются въ одно, въ слѣдствіе отношеній существующихъ между средними движеніями и средними долготами первыхъ трехъ спутниковъ и по которымъ среднее движеніе перваго, сложенное съ дважды взятымъ третьяго, равно трижды взятому втораго; и средняя долгота перваго спутника, безъ трижды взятой втораго, сложенная съ дважды взятой третьяго, постоянно равна полуокружности. Но эти отношенія будутъ ли существовать вѣчно? Не приблизительны ли они только? Оба неравенства втораго спутника, нынѣ смѣшанныя, не разъединятся ли съ теченіемъ времени? На эти вопросы теорія должна дать отвѣты.

(*) Замѣтимъ, что времена обозначенныя здѣсь Лапласомъ относятся къ началу текущаго столѣтія *Прим. переводч.*

Приближеніе съ которымъ таблицы даютъ выше-упомянутыя отношенія заставило меня подозрѣвать, что они въ строгости точны, и что небольшія количества на которыя они еще уклоняются отъ строгой точности зависятъ отъ возможныхъ погрѣшностей. Невѣроятно было бы предположить, что случай въ началѣ вещей помѣстилъ трехъ первыхъ спутниковъ на разстояніяхъ и въ положеніяхъ приличныхъ такимъ отношеніямъ, и было бы чрезвычайно вѣроятно, что они происходятъ отъ особенной причины. Эту причину я отыскивалъ въ взаимномъ дѣйствіи спутниковъ другъ на друга. Глубокое изслѣдованіе этого дѣйствія показало мнѣ, что оно сдѣлало эти отношенія строго-точными; откуда я заключилъ, что опредѣливъ вновь разсмотрѣніемъ весьма большаго числа отдаленныхъ другъ

отъ друга наблюденій, среднія движенія и среднія долготы трехъ первыхъ спутниковъ, найдемъ, что они еще болѣе приближаются къ этимъ отношеніямъ, которымъ таблицы должны быть строго подчинены. Я увидѣлъ, къ крайнему моему удовольствію, что этотъ выводъ теоріи подтверждается съ замѣчательною точностію изысканіями Деламбра надъ юпитеровыми спутниками. Вовсе не необходимо, чтобы эти отношеніи были въ строгости таковыми же при началѣ вещей; нужно только, чтобы движенія и долготы трехъ первыхъ спутниковъ не сильно бы уклонялись отъ нихъ, и тогда взаимнаго дѣйствія спутниковъ достаточно для установленія и сохраненія ихъ въ строгой точности. Но небольшая разница между ними и первоначальными отношеніями породила неравенство произвольной величины, раздѣляющееся между тремя спутниками и получившее отъ меня названіе *либраціи*. Двѣ произвольныя постоянныя этого неравенства замѣщаютъ произвольное, исчезающее отъ двухъ вышеупомянутыхъ отношеній, въ среднихъ движеніяхъ и въ эпохахъ среднихъ долготъ первыхъ трехъ спутниковъ; ибо число произвольныхъ заключающееся въ теоріи системы тѣлъ необходимо должно быть въ шестеро больше числа тѣлъ системы. Такъ какъ разсмотрѣніе наблюденій не открыло этого неравенства, то оно должно быть очень мало и даже нечувствительно.

Вышеупомянутыя отношенія будутъ всегда существовать, не смотря на то, что среднія движенія спутниковъ подчинены вѣковымъ уравненіямъ, подобнымъ какъ у луны. Они бы существовали даже въ томъ случаѣ, когда бы тѣ движенія были видоизмѣняемы сопротивленіемъ эѳирной средины, или другими причинами, которыхъ дѣйствія дѣлаются чувствительными только съ теченіемъ долгаго времени. Во всѣхъ этихъ случаяхъ, вѣковыя

уравненія этихъ движеній приходятъ между собою въ соотвѣтственный порядокъ взаимнымъ дѣйствіемъ спутниковъ, такъ, что вѣковое уравненіе перваго, сложенное съ дважды взятымъ третьяго, равно трижды взятому втораго. Самыя ихъ неравенства, возрастающія съ чрезвычайною медленностію, тѣмъ болѣе приближаются къ такому взаимному порядку, чѣмъ долѣе ихъ періоды. Эта либрація, которою движенія трехъ первыхъ спутниковъ колеблются въ пространствѣ по вышеизложеннымъ законамъ, простирается на ихъ вращательныя движенія, если, какъ то указываютъ наблюденія, времена вращеній равны временамъ обращеній. Притяженіе Юпитера поддержитъ тогда это неравенство, придавъ вращательнымъ движеніямъ тѣже самыя вѣковыя уравненія, которыя свойственны движеніямъ обращенія. Такимъ образомъ, три первые юпитеровы спутника составляютъ систему тѣлъ связанныхъ между собою вышеупомянутыми неравенствами и отношеніями, которыя поддерживаются непрерывно ихъ взаимнымъ дѣйствіемъ, развѣ только посторонняя причина внезапно разстроитъ ихъ движенія и взаимныя положенія. Такою причиною можетъ быть комета, которая, пройдя чрезъ эту систему, подобно кометѣ 1770 года, толкнула бы одного изъ спутниковъ. Вѣроятно, что подобныя столкновенія случались въ теченіе безпредѣльнаго числа вѣковъ минувшихъ со времени образованія планетной системы. Толчка кометы, которая заключала бы въ себѣ только $\frac{1}{100000}$ часть массы земнаго шара, было бы достаточно для сдѣланія чувствительною либраціи спутниковъ. Такъ какъ подобное неравенство не было замѣчено, не смотря на всѣ старанія Деламбра для открытія его въ наблюденіяхъ, то мы приходимъ къ заключенію, что массы кометъ могшихъ встрѣтиться съ однимъ изъ трехъ юпитеровыхъ

спутниковъ, чрезвычайно малы; что вполнѣ подтверждаетъ сказанное нами прежде о малости кометныхъ массъ.

Если принять въ соображеніе малую разность существующую между пять разъ взятымъ среднимъ движеніемъ Сатурна и дважды взятымъ Юпитера, то очевидно, что легкаго измѣненія въ первоначальныхъ среднихъ разстояніяхъ этихъ двухъ планетъ было бы достаточно для совершеннаго уничтоженія вышеупомянутой разности. Но и этого не нужно для предмета нашей рѣчи, потому что взаимное притяженіе обѣихъ планетъ постоянно бы уничтожало ту разность, въ случаѣ если бы она существовала первоначально, лишь бы только она заключалась въ тѣсныхъ предѣлахъ. Анализъ показываетъ, что эти предѣлы составляютъ болѣе или менѣе $\frac{4}{10}$ замѣченной наблюденіями разности и для того, чтобы заключить ее въ эти предѣлы достаточно увеличить на $\frac{1}{530}$ среднее разстояніе Сатурна отъ солнца и уменьшить на $\frac{1}{1300}$ таковое же Юпитера. И такъ весьма малаго недоставало для того, чтобы двѣ наибольшія планеты солнечной системы представили явленіе, которое мы видимъ въ трехъ первыхъ юпитеровыхъ спутникахъ; только оно было бы гораздо сложнѣе, по большому своему вліянію на вѣковыя измѣненія ихъ орбитъ.

Орбиты спутниковъ претерпѣваютъ измѣненія, подобныя великимъ измѣненіямъ орбитъ планетныхъ: ихъ движенія также подчинены вѣковымъ уравненіямъ подобнымъ таковымъ же луны. Развитіе всѣхъ этихъ неравенствъ, въ теченіе времени, доставитъ самыя выгодныя данныя для опредѣленія массъ спутниковъ и сплюснутости Юпитера. Значительное вліяніе послѣдняго элемента на движеніе узловъ опредѣляетъ его величину съ такою же точностію какъ и непосредственныя измѣренія. Этимъ способомъ найдено отношеніе малой оси Юпитера къ его экваторіальному поперечнику, равное 0,9368: оно весьма мало разнится отъ отношенія 16 къ 17, получаемаго какъ среднее изъ точнѣйшихъ измѣреній сплюснутости этой планеты. Такое согласіе представляетъ новое доказательство того, что тяготѣніе спутниковъ къ ихъ главной планетѣ слагается изъ притяженій всѣхъ ея частичекъ.

Познаніе массъ юпитеровыхъ спутниковъ составляетъ одинъ изъ любопытнѣйшихъ результатовъ ихъ теоріи. Чрезвычайная ихъ малость и невозможность измѣренія ихъ поперечниковъ казались неодолимыми къ тому препятствіями. Для этого я избралъ данныя, которыя въ настоящемъ состояніи астрономіи казались мнѣ самыми выгоднѣйшими, и я имѣю право надѣяться, что слѣдующія величины мною выведенныя весьма приблизительны.

Вотъ каковы будутъ массы юпитеровыхъ спутниковъ, если массу планеты принять за единицу:

I спутника	....	0,0000173281
II »	....	0,0000232355
III »	....	0,0000884972
IV »	....	0,0000426591

Эти величины могутъ быть повѣрены и исправлены, когда теченіе времени еще лучше познакомитъ насъ съ вѣковыми измѣненіями орбитъ.

Каково бы ни было совершенство теоріи, астроному остается еще огромный трудъ превращенія аналитическихъ формулъ въ таблицы. Эти формулы заключаютъ въ себѣ 31 неопредѣленную постоянную, именно: 24 произвольныхъ двѣнадцати дифференціальныхъ уравненій движенія спутниковъ, массъ этихъ свѣтилъ, сплюснутости Юпитера, наклоненія его экватора и положенія его узловъ.

Чтобы получить величины всѣхъ этихъ неизвѣстныхъ, надобно было разсмотрѣть весьма большое число затмѣній каждаго спутника и совокупить ихъ самымъ выгоднѣйшимъ образомъ для опредѣленія каждаго элемента. Деламбръ совершилъ этотъ важный трудъ съ величайшимъ успѣхомъ, и его таблицы, представляющія наблюденія съ точностію самыхъ наблюденій, даютъ мореплавателю вѣрный и удобный способъ для полученія тотчасъ же долготы мѣста, помощію затмѣній спутниковъ и особенно перваго.

Вотъ главнѣйшіе элементы теоріи каждаго спутника, выведенные изъ сравненій Деламбромъ моихъ формулъ съ наблюденіями.

Орбита перваго спутника движется равномѣрно, съ постояннымъ наклоненіемъ, на неподвижной плоскости постоянно проходящей между экваторомъ и орбитою Юпитера, чрезъ взаимное пересѣченіе этихъ двухъ послѣднихъ плоскостей, которыхъ взаимное наклоненіе, по наблюденіямъ, равняется 3°,4352. Наклоненіе той постоянной плоскости къ юпитерову экватору, по теоріи, составляетъ только 20″. Наклоненіе орбиты спутника къ этой плоскости также незамѣтно изъ наблюденій; такъ что можно предположить первый спутникъ движущимся по самому экватору Юпитера. Въ его орбитѣ не замѣчено эксцентрицитета: она только немного участвуетъ въ эксцентрицитетахъ орбитъ третьяго и четвертаго спутниковъ, потому что, вслѣдствіе взаимнаго дѣйствія всѣхъ этихъ тѣлъ, эксцентрицитетъ свойственный каждой орбитѣ распространяется на прочія, постоянно ослабѣвая по мѣрѣ ихъ отдаленія. Одно только замѣтное неравенство перваго спутника имѣетъ аргументомъ вдвойнѣ взятый избытокъ средней долготы перваго спутника надъ таковою же второю, и производитъ въ возвращеніи его затмѣній неравенство въ 437$^{\text{дн}}$,659. Оно составляло одну изъ данныхъ употреб-

ленныхъ мною для полученія массъ спутниковъ; а какъ оно происходитъ только отъ дѣйствія втораго спутника, то опредѣляетъ величину его массы съ большою точностію.

Затмѣнія перваго юпитерова спутника послужили къ открытію послѣдовательнаго движенія свѣта, ближе изслѣдованнаго помощію явленія аберраціи. Мнѣ казалось, что при нынѣшнемъ усовершенствованіи теоріи этого спутника и при многочисленности наблюденій его затмѣній, разсмотрѣніе ихъ должно опредѣлить количество аберраціи съ большею точностію чѣмъ прямое наблюденіе. По моей просьбѣ Деламбръ предпринялъ это разсмотрѣніе. Онъ нашелъ для полной аберраціи 62″,5, величину въ точности равняющуюся той, которая выведена Брэдлеемъ изъ его наблюденій. Удовлетворительно видѣть такое совершенное согласіе между результатами полученными помощію такихъ различныхъ методъ. Отсюда видно, что скорость свѣта равномѣрна во всемъ пространствѣ заключаемомъ земною орбитою. Въ самомъ дѣлѣ, скорость свѣта показываемая аберраціею равняется той, которая имѣетъ мѣсто на окружности земной орбиты и которая, соединяясь съ движеніемъ земли, производитъ упомянутое явленіе. Скорость свѣта, выведенная изъ затмѣній юпитеровыхъ спутниковъ, опредѣляется временемъ, которое свѣтъ употребляетъ для прохожденія сквозь земную орбиту. Такимъ образомъ, обѣ скорости будучи одинаковы, скорость свѣта равномѣрна по всей длинѣ поперечника орбиты земной. Изъ этихъ затмѣній слѣдуетъ даже и то, что упомянутая скорость равномѣрна въ пространствѣ заключаемомъ орбитою Юпитера; ибо, по причинѣ эксцентричности этой орбиты, вліяніе измѣненія ея радіусовъ векторовъ весьма чувствительно на затмѣнія спутниковъ и разсмотрѣніе этихъ затмѣній доказало, что упомянутое влія-

ніе въ точности соотвѣтствуетъ равномѣрности движенія свѣта.

Если свѣтъ есть истеченіе тѣлъ свѣтящихся, то равенство скорости ихъ лучей требуетъ, чтобы они были посылаемы каждымъ изъ нихъ съ одинаковою силою и чтобы ихъ движенія не замедлялись замѣтнымъ образовъ притяженіями со стороны посторонних тѣлъ. Если же свѣтъ происходитъ отъ дрожаній упругой жидкости, то одинаковость его скорости требуетъ, чтобы плотность этой жидкости, во всемъ пространствѣ планетной системы, была пропорціональна ея упругости. Но чрезвычайная простота, съ которою объясняются аберрація свѣтилъ и явленія преломленія свѣта при прохожденіи изъ одной средины въ другую, предположивъ, что свѣтъ есть истеченіе свѣтящихся тѣлъ, дѣлаетъ эту ипотезу, по крайней мѣрѣ весьма вѣроятною (*).

Орбита втораго спутника движется равномѣрно съ постояннымъ наклоненіемъ, на неподвижной плоскости, постоянно проходящей между экваторомъ и орбитою Юпитера, чрезъ ихъ взаимное пересѣченіе, и наклоненіе которой къ экватору составляетъ 201″. Орбита спутника наклонена на 5152″ къ его неподвижной плоскости и ея узлы имѣютъ на этой плоскости тропическое попятное движеніе, котораго періодъ составляетъ 29.^{лѣтъ},9142. Этотъ періодъ былъ одною изъ данныхъ послужившихъ мнѣ для опредѣленія массъ спутниковъ. Наблюденія не показали эксцентрицитета въ орбитѣ втораго спутника; но онъ участвуетъ немного въ эксцентрицитетахъ орбитъ третьяго и четвертаго спутниковъ. Два главныя неравенства втораго спутника зависятъ отъ дѣйствій перваго и третьяго. Отношеніе между долготами трехъ первыхъ спутниковъ навсегда соединяетъ эти неравенства въ одно, котораго періодъ въ возвращеніи затмѣній = 437$^{дн.}$,659, и котораго величина послужила третьею данною употребленною мною для опредѣленія массъ спутниковъ.

(*) Мы знаемъ теперь неопровержимо, что теорія истеченій не выдерживаетъ строгой научной критики и что вопросъ о существѣ свѣта рѣшенъ окончательно въ пользу теоріи сотрясеній или вибрацій (33).
Прим. перев.

Орбита третьяго спутника движется равномѣрно съ постояннымъ наклоненіемъ на неподвижной плоскости, постоянно проходящей между экваторомъ и орбитою Юпитера, чрезъ ихъ взаимное пересѣченіе и которой наклоненіе къ экватору равно 931″. Орбита спутника наклонена на 2284″ къ его неподвижной плоскости и ея узлы имѣютъ на этой плоскости тропическое попятное движеніе періодъ котораго составляетъ 141^{годъ},739. Астрономы предполагали орбиты трехъ первыхъ спутниковъ въ движеніи на самомъ экваторѣ Юпитера; но они находили меньшее наклоненіе этого экватора къ орбитѣ планеты чрезъ затмѣнія третьяго спутника, чѣмъ чрезъ затмѣнія двухъ остальныхъ. Эта разность, которой причина была имъ неизвѣстна, происходитъ отъ того, что орбиты спутниковъ движутся не съ постояннымъ наклоненіемъ къ этому экватору, но по разнымъ плоскостямъ, тѣмъ болѣе къ нему наклоненнымъ, чѣмъ дальше спутникъ отъ планеты. Луна представляетъ намъ подобный же результатъ, какъ мы видѣли въ предыдущей главѣ. Отъ этого зависитъ и лунное неравенство по широтѣ, котораго величина даетъ сплюснутость земли можетъ быть точнѣе чѣмъ измѣренія градусовъ меридіана.

Эксцентрицитетъ орбиты третьяго спутника представляетъ странныя (уклоненія) аномаліи, которыхъ причина узнана мною изъ теоріи. Онѣ зависятъ отъ двухъ различныхъ уравненій центра. Одно изъ нихъ, свойственное этой орбитѣ, относится къ періовію, котораго годичное

и звѣздное движенiе составляетъ 29010″. Другое, которое можно разсматривать истекающимъ изъ уравненiя центра четвертаго спутника, относится къ періовію сего послѣдняго. Оно было одною изъ данныхъ помощію которыхъ я опредѣлилъ массы. Эти два уравненiя, соединяясь между собою, образуютъ уравненiе центра, измѣняющееся и относящееся къ періовію котораго движенiе неравномѣрно. Они совпадали и слагались въ 1682 году, и сумма ихъ равнялась тогда 2458″. Въ 1777 году, они вычитались одно изъ другаго и ихъ разность составляла только 949″. Варгентинъ пытался представить эти измѣненiя помощію двухъ уравненiй центра; но не отнеся одного изъ нихъ къ періовію четвертаго спутника, онъ былъ вынужденъ наблюденiями откинуть свою ипотезу и обратился къ ипотезѣ измѣняющагося уравненiя центра, котораго измѣненiя онъ опредѣлилъ наблюденiями. Это привело его почти къ сейчасъ указаннымъ результатамъ.

Наконецъ орбита четвертаго спутника движется равномѣрно, съ постояннымъ наклоненiемъ, на неподвижной плоскости наклоненной къ экватору Юпитера на 4457″, и проходящей чрезъ линію узловъ этого экватора, между последнею плоскостію и плоскостію орбиты планеты. Наклоненiе орбиты спутника къ его неподвижной плоскости = 2772″, и его узлы на этой плоскости имѣютъ тропическое попятное движенiе, котораго перiодъ составляетъ 531 годъ. Вслѣдствiе этого движенiя, наклоненiе орбиты четвертаго спутника къ орбитѣ Юпитера безпрерывно измѣняется. Достигнувъ наименьшей величины, около половины послѣдняго вѣка, оно оставалось почти неподвижнымъ и было около 2°,7, отъ 1680 до 1760 года; въ этотъ промежутокъ времени его узлы, на орбитѣ Юпитера, имѣли годичное движенiе около 8″. Это обстоятельство, представленное наблюденiемъ, долгое время и съ

успѣхомъ употреблялось астрономами въ таблицахъ упомянутаго спутника. Оно есть слѣдствiе теорiи, дающей наклоненiе и движенiе узла весьма приблизительно тѣже самыя, которыя были найдены астрономами изъ разсмотрѣнiя затмѣнiй. Но, въ послѣднiе годы, наклоненiе орбиты приняло весьма замѣтное возрастанiе, котораго законъ чрезвычайно трудно было бы вывести безъ помощи анализа. Любопытно видѣть какъ изъ аналитическихъ формулъ истекаютъ эти странныя явленiя, указанныя наблюденiемъ, но которыя, происходя отъ соединенiя нѣсколькихъ простыхъ неравенствъ, слишкомъ сложны для того, чтобы астрономы имѣли возможность открыть ихъ законы.

Эксцентрицитетъ орбиты четвертаго спутника гораздо значительнѣе чѣмъ у другихъ спутниковъ. Его періовій имѣетъ годичное прямое движенiе, равное 7959″. Это пятая данная, употребленная мною для опредѣленiя массъ.

Каждая орбита участвуетъ нѣсколько въ движенiи другихъ. Неподвижныя плоскости, къ которымъ мы ихъ отнесли, не въ строгости неподвижны: онѣ чрезвычайно медленно движутся съ экваторомъ и орбитою Юпитера, проходя всегда чрезъ взаимное пересѣченiе послѣднихъ плоскостей, и сохраняя къ экватору Юпитера наклоненiя, хотя измѣняющiяся, но находящiяся въ постоянномъ отношенiи между собою и съ наклоненiемъ орбиты планеты къ ея экватору.

Таковы главнѣйшiе результаты теорiи юпитеровыхъ спутниковъ, сравненной съ многочисленными наблюденiями ихъ затмѣнiй. Наблюденiя вхожденiя и выхожденiя ихъ тѣни на дискѣ Юпитера пролила бы много свѣта на различные элементы этой теорiи. Этотъ родъ наблюденiй, не обратившiй на себя доселѣ особаго вниманiя астрономовъ, по моему мнѣнiю, вполнѣ его заслуживаетъ, потому что кажется внутреннiя прикосновенiя тѣней должны опре-

дѣлять моментъ соединенія съ большею еще точностію чѣмъ затмѣнія. Теорія спутниковъ нынѣ довольно обработана для того, чтобы недостатки ея могли быть опредѣлены только весьма точными наблюденіями; поэтому необходимо испытать новые способы наблюденій, или, по крайней мѣрѣ, удостовѣриться что употребляемые нынѣ заслуживаютъ предпочтеніе.

ГЛАВА СЕДЬМАЯ.

О СПУТНИКАХЪ САТУРНА И УРАНА.

Чрезвычайная трудность наблюденія сатурновыхъ спутниковъ дѣлаетъ теорію ихъ столь несовершенною, что мы едва съ нѣкоторою точностію знаемъ ихъ обращенія и ихъ среднія разстоянія отъ центра планеты. Поэтому, до сихъ поръ, безполезно принимать въ соображеніе ихъ возмущенія. Но положеніе ихъ орбитъ представляетъ явленіе достойное вниманія геометровъ и астрономовъ. Орбиты первыхъ шести спутниковъ находятся по видимому въ плоскости кольца, тогда какъ орбита седьмаго значительно отъ того уклоняется. Естественно думать, что это зависитъ отъ дѣйствія Сатурна, который, вслѣдствіе своей сплюснутости, удерживаетъ шесть первыхъ орбитъ и свои кольца въ плоскости своего экватора. Дѣйствіе солнца стремится отклонить ихъ; но это отклоненіе, возрастая весьма быстро и почти какъ пятая степень радіуса орбиты, дѣлается чувствительнымъ только для послѣдняго спутника. Орбиты спутниковъ Сатурна движутся какъ орбиты спутниковъ Юпитера, на плоскостяхъ, постоянно проходящихъ между экваторомъ и орбитою планеты, чрезъ ихъ взаимное пересѣченіе, и тѣмъ болѣе наклоненныхъ къ этому экватору, чѣмъ дальше находятся спутники отъ Сатурна. Это наклоненіе значительно въ отношеніи послѣдняго спутника и составляетъ около 24°,0, если основываться на имѣющихся наблюденіяхъ. Орбита спутника наклонена на 16°,96 къ этой плоскости, и годичное движеніе узловъ на той же плоскости составляетъ 940″. Но такъ какъ эти наблюденія еще очень не точны, то приведенные результаты могутъ представлять только весьма несовершенныя приближенія.

Еще менѣе знаемъ мы въ отношеніи къ спутникамъ Урана. Кажется только, по наблюденіямъ Гершеля, что всѣ они движутся въ одной плоскости почти перпендикулярной къ плоскости планетной орбиты; что очевидно указываетъ на подобное же положеніе плоскости уранова экватора. Анализъ показываетъ, что сплюснутость планетъ, въ соединеніи съ дѣйствіемъ спутниковъ, можетъ удерживать различныя ихъ орбиты весьма приблизительно въ этой плоскости. Вотъ все, что можно сказать объ этихъ свѣтилахъ, которыя, по ихъ удаленію и малости, еще долгое время будутъ ускользать отъ болѣе подробныхъ изысканій.

ГЛАВА ВОСЬМАЯ.

О ФИГУРѢ ЗЕМЛИ И ПЛАНЕТЪ И О ЗАКОНѢ ТЯЖЕСТИ НА ИХЪ ПОВЕРХНОСТЯХЪ.

Мы изложили въ первой книгѣ то, что наблюденія показали намъ относительно фигуры земли и планетъ. Сравнимъ теперь эти результаты съ тѣми, которые вытекаютъ изъ всемірнаго тяготѣнія.

Тяготѣніе къ планетамъ составляется изъ притяженій всѣхъ ихъ частичекъ. Если бы ихъ массы были жидкія и безъ вращательнаго движенія, то фигуры планетъ и ихъ различныхъ слоевъ были бы сферическія, и слои ближайшіе къ центру были бы плотнѣйшіе. Тяжесть на внѣшней поверхности и внѣ оной на произвольномъ разстояніи, была бы въ точности одинакова какъ если бы вся масса планеты была соединена въ центрѣ тяжести; замѣчательное свойство, вслѣдствіе котораго солнце, планеты, кометы и спутники дѣйствуютъ другъ на друга весьма приблизительно какъ столько же матеріальныхъ точекъ.

На большихъ разстояніяхъ, притяженіе частичекъ тѣла произвольной фигуры, наиболѣе удаленныхъ отъ притягиваемой точки и частичекъ наиболѣе къ ней близкихъ, составляется такъ, что полное тяготѣніе почти одинаково какъ въ томъ случаѣ, если бы тѣ частички находились всѣ соединенными въ ихъ центрѣ тяжести. И если взять отношеніе размѣровъ тѣла къ его разстоянію отъ притягиваемой точки за весьма малое количество перваго порядка, то этотъ результатъ точенъ до количествъ втораго порядка. Но онъ строго точенъ для шара; а для сфероида весьма близкаго къ шару, погрѣшность будетъ того же порядка какъ произведеніе эксцентрицитета на квадратъ отношенія его радіуса къ его разстоянію отъ притягиваемой имъ точки.

Свойство шара — притягивать какъ если бы вся его масса была соединена въ его центрѣ, содѣйствуетъ простотѣ небесныхъ движеній. Оно приличествуетъ не исключительно закону природы, но принадлежитъ также закону притяженія пропорціональнаго простому разстоянію, и можетъ приличествовать только законамъ, составленнымъ чрезъ сложеніе этихъ двухъ простыхъ законовъ. Но изъ всѣхъ законовъ уничтожающихъ тяжесть на безконеч-

номъ разстояніи, законъ природы есть единственный, въ которомъ шаръ имѣетъ такое свойство.

По этому закону тѣло, помѣщенное посреди сферическаго слоя имѣющаго вездѣ одинаковую толщину, притягивается равномѣрно во всѣ стороны, такъ что оно должно оставаться въ покоѣ посреди претерпѣваемыхъ имъ притяженій. Тоже самое случится среди эллиптическаго слоя, котораго внутренняя и внѣшняя поверхность одинаковы и одинаково расположены. Предположивъ, поэтому, что планеты суть однородныя сферы, тяжесть въ ихъ внутренностяхъ будетъ уменьшаться какъ разстояніе отъ ихъ центра; ибо оболочка, лежащая внѣ притягиваемаго тѣла, не способствуетъ его тяготѣнію, которое производится такимъ образомъ только притяженіемъ шара имѣющаго радіусъ равный разстоянію того тѣла отъ центра планеты. А такъ какъ это притяженіе пропорціонально массѣ шара, раздѣленной на квадратъ его радіуса, а масса относится какъ кубъ того же радіуса; слѣдовательно, тяжесть тѣла пропорціональна тому радіусу. Но, такъ какъ, вѣроятно планетные слои тѣмъ плотнѣе, чѣмъ они ближе къ центру, то тяжесть во внутренности уменьшается въ меньшемъ отношеніи, чѣмъ въ случаѣ однородности упомянутыхъ слоевъ.

Вращательное движеніе планетъ отклоняетъ ихъ нѣсколько отъ шарообразнаго вида: центробѣжная сила происходящая отъ упомянутаго движенія поднимаетъ ихъ на экваторѣ и сжимаетъ у полюсовъ. Разсмотримъ сперва дѣйствія этого сжиманія въ весьма простомъ случаѣ, когда въ землѣ, предположенной однородною жидкою массою, тяжесть направляется къ ея центру и обратно пропорціональна разстоянію отъ сказанной точки. Не трудно доказать, что тогда земной сфероидъ будетъ эллипсоидомъ вращенія; ибо если вообразить два жидкіе столба, сооб-

щающіеся въ его центрѣ и оканчивающіеся — одинъ у полюса, а другой въ какой либо точки поверхности; то очевидно, что оба эти столба должны взаимно уравновѣшиваться. Центробѣжная сила не видоизмѣняетъ вѣсъ столба, направленнаго къ полюсу; но уменьшаетъ вѣсъ другаго столба. Сила эта, въ центрѣ земли, равна нулю; на поверхности же земной, она пропорціональна радіусу земной параллели или, весьма приблизительно, косинусу широты. Но не вся она употребляется на уменьшеніе тяжести. Двѣ эти силы составляютъ между собою уголъ равный широтѣ, и центробѣжная сила, разложенная по направленію тяжести, ослабляется въ отношеніи косинуса этого угла къ радіусу. Такимъ образомъ, на земной поверхности, центробѣжная сила уменьшаетъ тяжесть, на взятой параллели, произведеніемъ центробѣжной силы экватора на квадратъ косинуса широты. Слѣдовательно, средняя величина этого уменьшенія длины жидкаго столба будетъ половиною того произведенія; а какъ центробѣжная сила равна $\frac{1}{289}$ тяжести на экваторѣ, то упомянутая величина будетъ $\frac{1}{578}$ тяжести, помноженная на квадратъ косинуса широты. Для равновѣсія нужно, чтобы столбъ своею длиною вознаградилъ уменьшеніе своей тяжести, и слѣдовательно онъ долженъ превосходить полярный столбъ на $\frac{1}{578}$ его величины, помноженную на квадратъ того же косинуса. Такимъ образомъ, возрастанія земныхъ радіусовъ отъ полюса къ экватору пропорціональны этому квадрату; откуда легко заключить, что земля будетъ тогда эллипсоидомъ вращенія, въ которомъ ось полюсовъ относится къ экваторіальной какъ 577 къ 578.

Очевидно, что равновѣсіе жидкой массы будетъ существовать и при предположеніи, что часть ея сдѣлается твердою, лишь бы только сила тяжести осталась прежнею и нисколько не измѣнилась.

Для опредѣленія закона тяжести на поверхности земли замѣтимъ, что тяжесть въ произвольной точкѣ поверхности менѣе чѣмъ на полюсѣ, по причинѣ большаго удаленія отъ центра. Это уменьшеніе весьма приблизительно вдвое болѣе возрастанія земнаго радіуса; слѣдовательно, оно равно произведенію $\frac{1}{289}$ тяжести на квадратъ косинуса широты. Центробѣжная сила уменьшаетъ тяжесть еще на такое же количество; такъ что, соединеніемъ этихъ двухъ причинъ, уменьшеніе тяжести отъ полюса къ экватору равно 0,00694 помноженнымъ на квадратъ косинуса широты; причемъ тяжесть на экваторѣ взята за единицу.

Мы видѣли въ первой книгѣ, что измѣренія градусовъ меридіановъ указываютъ сплюснутость земли бо́льшую чѣмъ $\frac{1}{578}$; и что измѣренія маятника даютъ уменьшеніе тяжести отъ полюсовъ къ экватору меньшее чѣмъ 0,00694 и равное 0,0054. Слѣдовательно, измѣренія градусовъ и маятника содѣйствуютъ къ показанію, что тяжесть не направлена къ одной точкѣ; что *à posteriori* подтверждаетъ вышедоказанное, именно, что она составляется изъ притяженій всѣхъ частичекъ земли.

Въ этомъ случаѣ, законъ тяготѣнія зависитъ отъ фигуры земнаго сфероида, который, въ свою очередь, зависитъ отъ закона тяготѣнія. Эта взаимная зависимость двухъ неизвѣстныхъ количествъ чрезвычайно затрудняетъ изысканія надъ фигурою земли. Къ счастію, эллиптическая фигура, простѣйшая изъ всѣхъ сходящихся фигуръ послѣ шара, удовлетворяетъ равновѣсію жидкой массы, одаренной вращательнымъ движеніемъ и которой всѣ частички притягиваются обратно пропорціонально квадрату разстояній. Ньютонъ удовлетворился однимъ такимъ предположеніемъ и, на основаніи сейчасъ упомянутой ипотезы, вмѣстѣ съ ипотезою однородности земли, онъ нашелъ, что

двѣ оси нашей планеты относятся между собою какъ 229 къ 230.

Изъ этого нетрудно вывести законъ измѣненія тяжести на землѣ. Для этого, представимъ себѣ различныя точки, лежащія на одномъ и томъ же радіусѣ проведенномъ отъ центра къ поверхности жидкой однородной массы, находящейся въ равновѣсіи. Всѣ подобные между собою эллиптическіе слои, покрывающіе которую либо изъ нихъ, не способствуютъ къ ея тяжести и слагающая претерпѣваемыхъ ею притяженій зависитъ единственно отъ притяженія эллиптическаго сфероида подобнаго цѣлому сфероиду и котораго поверхность проходитъ чрезъ ту точку. Подобныя и подобно-расположенныя частички этихъ двухъ сфероидовъ взаимно притягиваютъ упомянутую точку и соотвѣтственную ей на внѣшней поверхности, пропорціонально массамъ, раздѣленнымъ на квадраты разстояній. Массы относятся между собою какъ кубы подобныхъ размѣровъ обоихъ сфероидовъ, а квадраты разстояній относятся какъ квадраты тѣхъ же размѣровъ; слѣдовательно, притяженія подобныхъ частичекъ пропорціональны тѣмъ размѣрамъ; откуда слѣдуетъ, что полныя притяженія обоихъ сфероидовъ находятся въ томъ же отношеніи, и направленія ихъ параллельны. Еще, центробѣжныя силы двухъ разсматриваемыхъ нами точекъ пропорціональны упомянутымъ размѣрамъ; поэтому, ихъ тяжести, или что все равно, слагающія всѣхъ силъ, относятся между собою какъ ихъ разстоянія отъ центра жидкой массы.

Теперь, если вообразить два жидкіе столба, направленные отъ центра сфероида — одинъ къ полюсу, а другой къ какой либо точкѣ поверхности, то ясно, что если сфероидъ весьма мало сплюснутъ, то тяжести, разложенныя по направленіямъ тѣхъ столбовъ, будутъ весьма приблизительно одинаковы съ полными тяжестями. Слѣдовательно, раздѣляя длины столбовъ на тоже число безконечно малыхъ частицъ, пропорціональныхъ тѣмъ длинамъ, вѣса соотвѣтственныхъ частей будутъ между собою какъ произведенія длины столбовъ на тяжести при точкахъ поверхности, въ которыя они упираются: поэтому, полные вѣса упомянутыхъ жидкихъ столбовъ будутъ въ томъ же отношеніи. Для равновѣсія, эти вѣса должны быть равны; слѣдовательно и тяжести на поверхности должны быть обратно пропорціональны длинѣ столбовъ. А такъ какъ экваторіальный радіусъ превосходитъ полярный на $\frac{1}{230}$, то тяжесть на полюсѣ должна на ту же самую $\frac{1}{230}$ превосходить тяжесть на экваторѣ.

Это предполагаетъ, что эллиптическая фигура удовлетворяетъ равновѣсію однородной жидкой массы. Маклоренъ доказалъ это прекрасною методою, изъ которой слѣдуетъ, что равновѣсіе тогда въ строгости возможно, и что если эллипсоидъ весьма мало сплюснутъ, то эллиптичность равна $^5/_4$ отношенія центробѣжной силы къ тяжести на экваторѣ.

Одному и тому же вращательному движенію соотвѣтствуютъ двѣ различныя фигуры равновѣсія; но равновѣсіе не можетъ существовать со всѣми этими движеніями. Наименьшая продолжительность вращенія однородной жидкости, находящейся въ равновѣсіи и имѣющей плотность равную средней плотности земли, равняется $0^{дн.}$,1009; и этотъ предѣлъ измѣняется обратно пропорціонально квадратному корню плотности. Когда вращеніе будетъ быстрѣе, жидкая масса сплюснется у полюсовъ: чрезъ это, время ея вращенія уменьшается и войдетъ въ предѣлы, приличные состоянію равновѣсія. Послѣ большаго числа колебаній, жидкость, вслѣдствіе тренія и претерпѣваемыхъ ею сопротивленій, установится въ этомъ единствен-

номъ и опредѣленномъ первоначальнымъ движеніемъ состояніи; и каковы бы ни были первоначальныя силы частичекъ, ось, проведенная чрезъ центръ тяжести жидкой массы, и въ отношеніи къ которой моментъ силъ былъ *наибольшій* въ началѣ, сдѣлается осью вращенія.

Вышеизложенные результаты доставляютъ простой способъ повѣрить ипотезу однородности земли. Неправильность измѣренныхъ градусовъ меридіановъ оставляетъ такъ много неопредѣленнаго относительно сплюснутости земли, что нельзя узнать—въ самомъ ли дѣлѣ она приблизительно такова, какъ требуетъ эта ипотеза. Довольно правильное возрастаніе тяжести отъ экватора къ полюсамъ можетъ уяснить намъ этотъ предметъ.

Взявъ за единицу тяжесть на экваторѣ, ея увеличеніе на полюсѣ будетъ 0,00435, въ случаѣ однородности земли; наблюденія же маятника показали, что упомянутое увеличеніе = 0,0054: слѣдовательно, земля неоднородна. Въ самомъ дѣлѣ, естественно думать, что плотность ея слоевъ увеличивается отъ поверхности къ центру. Для прочности равновѣсія морей даже необходимо, чтобы плотность ихъ была менѣе средней плотности земли; иначе, воды ихъ, волнуемыя вѣтрами и другими причинами, часто выходили бы изъ своихъ предѣловъ и затопляли материки.

Такъ какъ наблюденія не дозволяютъ допустить однородности земли, то для опредѣленія ея фигуры нужно разсматривать море, покрывающимъ ядро, котораго слои уменьшаются въ плотности, отъ центра къ поверхности. Клеро, въ своемъ прекрасномъ сочиненіи *о фигурѣ земли*, доказалъ, что равновѣсіе еще возможно, предположивъ эллиптическую фигуру поверхности и слоевъ внутренняго ядра. Въ вѣроятнѣйшихъ ипотезахъ касательно закона плотностей и эллиптичностей этихъ слоевъ, сплюснутость земли выходитъ менѣе, чѣмъ въ случаѣ ея однородности;

и болѣе, чѣмъ когда бы тяжесть направлялась къ одной только точкѣ: возрастаніе тяжести отъ экватора къ полюсамъ болѣе чѣмъ въ первомъ случаѣ, и менѣе чѣмъ во второмъ. Но между полнымъ возрастаніемъ тяжести взятой за единицу на экваторѣ и эллиптичностью земли существуетъ слѣдующее замѣчательное отношеніе.

«Во всѣхъ ипотезахъ касательно строенія ядра покрытаго моремъ, на сколько эллиптичность всей земли менѣе той, которая имѣетъ мѣсто въ случаѣ однородности, на столько же полное возрастаніе тяжести будетъ болѣе того, которое имѣетъ мѣсто въ томъ же случаѣ; и обратно. Такимъ образомъ, сумма того возрастанія и эллиптичности всегда одинакова и равняется пять разъ взятой половинѣ отношенія центробѣжной силы къ тяжести на экваторѣ, что для земли даетъ $\frac{1}{115,2}$».

Предположивъ, такимъ образомъ, фигуру слоевъ земнаго сфероида эллиптическою, возрастаніе его радіусовъ и тяжести и уменьшеніе градусовъ меридіановъ отъ полюсовъ къ экватору, пропорціональны квадрату косинуса широты; и они связаны съ эллиптичностью земли такъ, что полное возрастаніе радіусовъ равняется той эллиптичности; полное уменьшеніе градусовъ равно эллиптичности умноженной на трижды взятый градусъ экватора; и полное увеличеніе тяжести равно тяжести на экваторѣ умноженной на избытокъ въ $\frac{1}{115,2}$ надъ тою эллиптичностью.

Такимъ образомъ можно опредѣлить эллиптичность земли, какъ измѣреніемъ градусовъ, такъ и наблюденіями маятника. Совокупность этихъ наблюденій даетъ для возрастанія тяжести отъ экватора къ полюсамъ 0,0054; вычтя это количество изъ $\frac{1}{115,2}$, получимъ $\frac{1}{304,8}$ для сплюснутости земли. Если ипотеза эллиптической фигуры суще-

ствуетъ въ природѣ, то упомянутая сплюснутость должна удовлетворять измѣреніямъ градусовъ. Напротивъ того, она предполагаетъ въ нихъ значительныя погрѣшности, что въ соединеніи съ трудностію принаровить всѣ эти измѣренія къ одному и тому же эллиптическому меридіану, кажется указываетъ на болѣе сложную фигуру земли чѣмъ первоначально думали. Это и не покажется удивительнымъ, если сообразить неправильность глубины морей, возвышенія материковъ и острововъ надъ ихъ уровнемъ, высоту горъ и неравную плотность водъ и другихъ веществъ находящихся на поверхности обитаемой нами планеты.

Чтобы обнять съ наибольшею общностью теорію фигуры земли и планетъ, нужно было опредѣлить притяженіе сфероидовъ мало разнящихся отъ шара и составленныхъ, по произвольнымъ законамъ, изъ слоевъ различной фигуры и плотности; нужно было еще опредѣлить фигуру приличествующую равновѣсію жидкости распространенной на ихъ поверхности; потому что планеты должно воображать покрытыми, подобно землѣ, жидкостью находящеюся въ равновѣсіи: иначе ихъ фигура была бы совершенно произвольною. Даламберъ предложилъ для этого предмета остроумную методу, простирающуюся на большое число случаевъ; но ей недостаетъ простоты столь желательной въ такихъ сложныхъ изысканіяхъ и составляющей главное ихъ достоинство. Замѣчательное уравненіе съ частными разностями, относительное къ притяженіямъ сфероидовъ, привело меня, безъ помощи интегрированій и единственно дифференцированіями, къ общимъ выраженіямъ радіусовъ сфероидовъ, ихъ притяженій на произвольныя точки, находящіяся въ ихъ внутренности, на ихъ поверхности и внѣ ихъ предѣловъ, условій равновѣсія жидкостей ихъ покрывающихъ, закона тяжести и измѣненія градусовъ на поверхности этихъ жидкостей. Всѣ

эти количества связаны между собою весьма простыми отношеніями, и отсюда истекаетъ легкій способъ повѣрки ипотезъ, которыя можно составить для представленія какъ замѣченныхъ наблюденіями измѣненій тяжести, такъ и измѣреній градусовъ меридіановъ. Такъ Бугеръ, съ цѣлію представленія градусовъ измѣренныхъ въ Лапландіи, во Франціи и на экваторѣ, предположилъ что земля есть сфероидъ вращенія, на которомъ возрастаніе градусовъ меридіана отъ экватора къ полюсамъ пропорціонально четвертой степени синуса широты. Найдено, что эта ипотеза не можетъ удовлетворить возрастанію тяжести отъ экватора до Пелло, возрастанію которое, согласно наблюденіямъ, равно $\frac{45}{10000}$ полной тяжести, и которое было бы въ упомянутой ипотезѣ равно только $\frac{27}{10000}$.

Выраженія о которыхъ я сейчасъ говорилъ даютъ прямое и общее рѣшеніе задачи, заключающейся въ опредѣленіи фигуры жидкой массы въ равновѣсіи, предположивъ ее одаренною вращательнымъ движеніемъ и составленною изъ безконечнаго числа жидкостей произвольныхъ плотностей, которыхъ всѣ частички взаимно притягиваются въ прямомъ отношеніи массъ и въ обратномъ квадратовъ разстояній. Лежандръ уже разрѣшилъ эту задачу весьма замысловатымъ анализомъ, предположивъ массу однородною. Въ общемъ случаѣ, жидкость необходимо принимаетъ фигуру эллипсоида вращенія, котораго всѣ слои эллиптичны и уменьшаются въ плотности, тогда какъ эллиптичность ихъ возрастаетъ отъ центра къ поверхности. Предѣлы сжатія цѣлаго эллипсоида составляютъ $^5/_4$ и $^1/_2$ отношенія центробѣжной силы къ тяжести на экваторѣ. Первый предѣлъ относится къ однородности массы, а второй къ случаю, когда слои безконечно близкіе къ центру будутъ безконечно плотны и вся масса сфероида

можетъ быть разсматриваема какъ бы сосредоточенною въ томъ центрѣ. Въ послѣднемъ случаѣ, тяжесть будетъ направлена къ одной точкѣ и обратно пропорціональна квадрату разстояній; тогда фигура земли будетъ та самая, которую мы опредѣлили выше. Но, въ общемъ случаѣ, линія опредѣляющая направленіе тяжести, отъ центра до поверхности сфероида, будетъ кривая, которой каждый элементъ перпендикуляренъ къ слою имъ проходимому.

Вышесказанный анализъ предполагаетъ земной сфероидъ вполнѣ покрытый моремъ. Но такъ какъ значительная часть поверхности этого сфероида возвышается надъ уровнемъ морской воды, то упомянутый анализъ, не смотря на свою общность, не въ точности изображаетъ природу, и необходимо должно видоизмѣнить результаты полученные помощію ипотезы отсутствія на землѣ суши. Правда, что математическая теорія земной фигуры представитъ тогда болѣе затрудненій; но успѣхи анализа, особенно въ этой части, даютъ средство преодолѣть ихъ и разсматривать материки и моря въ такомъ видѣ, какъ они представляются наблюдателю. Приближаясь, такимъ образомъ, къ природѣ, мы открываемъ причины многихъ важныхъ явленій представляемыхъ естественною исторіею и геологіею; что и можетъ пролить большой свѣтъ на эти двѣ науки, связавъ ихъ съ теоріею системы міра.

Вотъ главнѣйшіе результаты моего анализа. Одинъ изъ самыхъ интереснѣйшихъ составляетъ слѣдующую теорему, служащую неоспоримымъ доводомъ разнородности слоевъ земнаго сфероида.

«Если къ длинѣ секунднаго маятника, замѣченной на «произвольной точкѣ поверхности земнаго сфероида, при«бавить произведеніе этой длины на половину высоты той «точки надъ океаническимъ уровнемъ опредѣленнымъ на«блюденіями барометра и раздѣленное на полярную полуось;

«то возрастаніе этой такимъ образомъ исправленной дли«ны, будетъ — отъ экватора къ полюсамъ, въ ипотезѣ «плотности земли, постоянной ниже малозначительной глу«бины произведеніемъ этой длины на экваторѣ на квадратъ «синуса широты и на $^5/_4$ отношенія центробѣжной силы «къ тяжести на экваторѣ, или на $\frac{43}{10000}$».

Эта теорема, къ которой я былъ приведенъ дифференціальнымъ уравненіемъ перваго порядка, имѣющимъ мѣсто на поверхности однородныхъ сфероидовъ мало различныхъ отъ шара, вообще справедлива, каковы бы ни были — плотность моря и видъ, которымъ оно отчасти покрываетъ землю. Замѣчательно, что она не предполагаетъ извѣстными, ни фигуры земнаго сфероида, ни фигуры моря, фигуръ которыхъ намъ было бы невозможно получить.

Опыты надъ маятникомъ, сдѣланные въ обѣихъ полушаріяхъ, согласно даютъ квадрату синуса широты коэффиціентъ болѣе $\frac{43}{10000}$ и весьма приблизительно $\frac{54}{10000}$ длины маятника на экваторѣ. Слѣдовательно, вполнѣ доказано этими опытами, что внутренность земли не однородна. Въ добавокъ, при сравненіи ихъ съ анализомъ, видно что плотности земныхъ слоевъ идутъ возрастая отъ поверхности къ центру.

Правильность съ которою замѣченное измѣненіе длины секунднаго маятника слѣдуетъ закону квадрата синуса широты, доказываетъ что упомянутые слои правильно расположены вокругъ центра тяжести земли и что форма ихъ почти совпадаетъ съ формою эллипсоида вращенія.

Эллиптичность земнаго сфероида можетъ быть опредѣлена измѣреніемъ градусовъ меридіана. Изъ сравненія различныхъ измѣреній, взятыхъ по два, получаются чувствительно различныя эллиптичности; такъ что измѣненіе гра-

дусовъ не такъ точно, какъ измѣненія тяжести слѣдуетъ закону квадрата синуса широты. Это зависитъ отъ вторыхъ дифференціаловъ земнаго радіуса, заключающихъ въ себѣ выраженія градусовъ меридіана и радіуса прикосновенія; тогда какъ выраженіе тяжести содержитъ въ себѣ только первые дифференціалы этого радіуса, котораго небольшія уклоненія отъ эллиптическаго радіуса увеличиваются послѣдовательными дифференціалами. Но если сравнивать между собою градусы отдаленные, какъ напримѣръ французскіе съ экваторіальными, то несходства ихъ должны быть мало чувствительны въ ихъ разностяхъ; и изъ такихъ сравненій эллиптичность земнаго сфероида выводится $= \frac{1}{308}$ (ИИ).

Еще точнѣйшій способъ полученія этой эллиптичности состоитъ, какъ мы видѣли выше, въ сравненіи съ большимъ числомъ наблюденій двухъ лунныхъ неравенствъ, происходящихъ отъ сплюснутости земли, первое по долготѣ, а второе по широтѣ. Они совокупно согласно даютъ сжатость земнаго сфероида весьма приблизительно равную $\frac{1}{305}$; и что весьма замѣчательно, каждое изъ этихъ двухъ неравенствъ приводитъ къ сказанному результату, который, какъ мы видимъ, весьма мало отличается отъ полученнаго изъ сравненія французскихъ градусовъ съ экваторіальными.

Такъ какъ плотность моря составляетъ приблизительно $^1/_5$ средней плотности земли, то морская вода должна имѣть мало вліянія на измѣненія градусовъ и тяжести и на оба лунныя неравенства, о которыхъ я сейчасъ говорилъ. Это вліяніе моря еще уменьшается вслѣдствіе незначительности средней его глубины, которая сама такимъ образомъ доказывается. Вообразивъ, что земной сфероидъ лишился океана, и предположивъ, что въ этомъ состояніи его поверхность сдѣлалась бы жидкою, оставаясь въ равновѣсіи, эллиптичность земли получилась бы вычитаніемъ, изъ пяти разъ взятой половины отношенія центробѣжной силы къ тяжести на экваторѣ, коэффиціента даннаго опытами квадрату синуса широты, въ выраженіи длины секунднаго маятника, принявъ эту длину на экваторѣ за единицу. Такимъ образомъ, отбросивъ небольшое вліяніе дѣйствія моря на измѣненіе тяжести, мы найдемъ сплюснутость земнаго сфероида $= \frac{1}{304,8}$. Небольшая разность этой величины отъ полученныхъ изъ измѣреній земныхъ градусовъ и лунныхъ неравенствъ, доказываетъ, что поверхность того сфероида была бы весьма приблизительно въ состояніи равновѣсія, если бы сдѣлалась вдругъ жидкою. По этой причинѣ и потому что море стоитъ ниже обширныхъ материковъ, заключаютъ что оно не можетъ быть очень глубоко и что средняя его глубина принадлежитъ къ тому же порядку какъ и средняя высота материковъ и острововъ надъ его уровнемъ, высота не превосходящая тысячу метровъ (*). Эта глубина будетъ, слѣдовательно, только небольшая дробь избытка экваторіальнаго радіуса надъ полярнымъ, избытка превосходящаго двадцать тысячъ метровъ (**). Но, точно какъ высокія горы покрываютъ нѣкоторыя части материковъ, также и большія углубленія могутъ существовать въ бассейнѣ морей. Однакоже, естественно думать, что глубина ихъ менѣе возвышенности высокихъ горъ (II); ибо осадки рѣкъ и остатки морскихъ животныхъ, влекомые теченіями, должны наконецъ наполнить тѣ углубленія.

Такой результатъ важенъ для естественной исторіи и геологіи. Нельзя сомнѣваться, что море покрывало боль-

(*) Около одной версты. *Прим. переводч.*
(**) Около двадцати верстъ. *Прим. переводч.*

шую часть нашихъ материковъ, на которыхъ оно оставило несомнѣнные слѣды своего пребыванія. Послѣдовательныя осѣданія тогдашнихъ островов и части материковъ, и послѣдовавшія затѣмъ осѣданія бассейна морей, открывшія части, бывшія до того затопленными, повидимому указываются различными явленіями, представляемыми поверхностью и слоями нынѣшнихъ материковъ. Для объясненія этихъ осѣданій достаточно предположить только большую энергію причинъ подобныхъ тѣмъ, которыя произвели осѣданія, упоминаемыя даже въ исторіи. Осѣданіе одной части морскаго бассейна открываетъ другую его часть, тѣмъ болѣе обширную чѣмъ глубина моря была незначительнѣе. Такимъ образомъ, обширные материки могли выйти изъ океана, безъ большихъ измѣненій въ фигурѣ земнаго сфероида. Свойство этой фигуры, мало отличной отъ той, которую бы приняла ея поверхность сдѣлавшись жидкою, требуетъ, чтобы осѣданіе морскаго уровня составляло только небольшую дробь разности между полярною и экваторіальною осями. Всякая ипотеза основанная на значительномъ перемѣщеніи полюсовъ на земной поверхности должна быть отвергнута какъ несовмѣстная съ сейчасъ упомянутымъ свойствомъ. Такого рода перемѣщеніе было придумано для объясненія существованія слоновъ, которыхъ ископаемыя кости находятся въ сѣверныхъ климатахъ, гдѣ нынѣшніе слоны не могли бы жить. Но слонъ, котораго по всей вѣроятности полагаютъ современникомъ послѣдняго переворота, и который былъ найденъ въ массѣ льда съ сохранившимся еще мясомъ, имѣлъ кожу, покрытую большимъ количествомъ волосъ или шерсти, что доказываетъ, что онъ былъ такимъ образомъ защищенъ отъ холода сѣверныхъ странъ, въ которыхъ онъ могъ удобно существовать. Открытіе этого животнаго подтвердило

то, что указала намъ математическая теорія земли, именно что въ переворотахъ измѣнившихъ земную поверхность и уничтожившихъ многія породы животныхъ и растеній, фигура земнаго сфероида и положеніе его оси вращенія на его поверхности претерпѣли только легкія измѣненія.

Посмотримъ теперь, какая причина придала слоямъ земнаго сфероида весьма приблизительно эллиптическія формы и плотности возрастающія отъ поверхности къ центру? Что расположило ихъ правильнымъ образомъ вокругъ ихъ общаго центра тяжести? Что сдѣлало поверхность упомянутаго сфероида весьма мало отличною отъ той, которую бы онъ принялъ если бы та поверхность была первоначально жидкою?

Если различныя вещества, составляющія землю, были первоначально жидкими отъ проникновенія ихъ сильнымъ жаромъ, то плотнѣйшія изъ нихъ должны были приблизиться къ центру: всѣ они приняли эллиптическія формы и поверхность пришла въ равновѣсіе. Отвердѣвая, эти слои только весьма мало измѣнили свою фигуру, и поэтому земля должна нынѣ представлять явленія, о которыхъ я сейчасъ говорилъ. Случай этотъ былъ подробно разсмотрѣнъ геометрами. Но земля, однородная въ химическомъ смыслѣ, или состоящая во внутренности своей изъ одного вещества, можетъ еще представлять намъ тѣже самыя явленія. Въ самомъ дѣлѣ понятно, что огромная тяжесть верхнихъ слоевъ можетъ значительно увеличить плотность нижнихъ слоевъ. До сихъ поръ геометры не вводили въ свои изслѣдованія о фигурѣ земли, сжимаемости веществъ изъ которыхъ она составлена; хотя Даніилъ Бернулли, въ своей статьѣ о приливѣ и отливѣ моря, уже указывалъ на сказанную причину увеличенія плотности слоевъ земнаго сфероида. Анализъ, приложенный мною къ этому предмету, въ одиннадцатой книгѣ моей ***Небесной механики***, по-

казалъ мнѣ, что можно удовлетворить всѣмъ извѣстнымъ явленіямъ, предположивъ землю составленною въ ея внутренности изъ одного вещества. А такъ какъ законъ плотностей, даваемыхъ слоямъ этого вещества чрезъ сдавливаніе, намъ неизвѣстенъ, то и можно дѣлать въ этомъ отношеніи однѣ только ипотезы.

Извѣстно, что плотность газовъ возрастаетъ пропорціонально ихъ сжатію, когда температура остается одинаковою. Но кажется этотъ законъ не распространяется на тѣла жидкія и твердыя: естественно думать, что эти тѣла тѣмъ болѣе противятся сжатію, чѣмъ сильнѣе ихъ сжимаютъ. Въ самомъ дѣлѣ, это подтверждается наблюденіями; такъ что отношеніе дифференціала давленія къ дифференціалу плотности, вмѣсто того, чтобы быть постояннымъ, какъ въ газахъ, возрастаетъ вмѣстѣ съ плотностію. Простѣйшее выраженіе этого отношенія, предположеннаго перемѣннымъ, есть произведеніе плотности на постоянную. Этотъ законъ принятъ мною потому, что онъ соединяетъ въ себѣ не только выгоду изображенія простѣйшимъ образомъ знаній нашихъ относительно сжатія тѣлъ, но и легко подчиняется вычисленію при изысканіи фигуры земли. Я намѣревался только показать этимъ вычисленіемъ, что такой способъ разсматриванія внутренняго строенія земли можетъ согласоваться со всѣми явленіями зависящими отъ этого строенія, по крайней мѣрѣ, если земной сфероидъ былъ первоначально въ жидкомъ состояніи. Въ твердомъ состояніи, сцѣпленіе частичекъ чрезвычайно уменьшаетъ ихъ взаимное сжатіе и оно воспрепятствовало бы цѣлой массѣ принять правильную фигуру, которую бы она имѣла въ жидкомъ состояніи, если бы она первоначально отъ нея уклонилась. Такимъ образомъ, въ самой этой ипотезѣ о строеніи земли, какъ и во всѣхъ другихъ, первоначальное жидкое состояніе земли

кажется мнѣ необходимо указаннымъ правильностію тяжести и фигуры ея поверхности.

Вся астрономія основывается на неизмѣнности оси вращенія земли относительно поверхности земнаго сфероида и на однообразіи этого вращенія. Промежутокъ обращенія земли на ея оси служитъ мѣриломъ времени; поэтому весьма важна оцѣнка вліянія всѣхъ причинъ, могущихъ видоизмѣнить этотъ элементъ. Земная ось движется вокругъ полюсовъ эклиптики; но съ тѣхъ поръ какъ приложеніе зрительныхъ трубъ къ астрономическимъ инструментамъ дало возможность наблюдать съ точностію земныя широты, въ нихъ не открыто никакого измѣненія, которое бы не могло быть отнесено насчетъ погрѣшностей наблюденій; чѣмъ доказывается, что ось вращенія, съ той эпохи, весьма приблизительно соотвѣтствовала одной и той же точкѣ земной поверхности. Поэтому, кажется, что сказанная ось неизмѣнна. Существованіе подобныхъ осей въ твердыхъ тѣлахъ давно извѣстно. Найдено, что каждое твердое тѣло имѣетъ три главныя прямоугольныя оси, вокругъ которыхъ оно можетъ вертѣться равномѣрно, и ось вращенія остается неизмѣнною. Но такое замѣчательное свойство есть ли общее всѣмъ тѣламъ, которыя, подобно землѣ, частію покрыты жидкостію; ибо тогда условіе равновѣсія жидкости присоединяется къ условіямъ главныхъ осей: оно измѣняетъ фигуру поверхности, когда измѣнится ось вращенія. Слѣдовательно, нужно узнать, есть ли, между всѣми возможными измѣненіями, одно въ которомъ ось вращенія и равновѣсіе жидкости будутъ неизмѣнными? Анализъ доказываетъ, что если пропустить весьма близко отъ центра тяжести земнаго сфероида неподвижную ось, вокругъ которой онъ могъ бы свободно вращаться; то море всегда можетъ получить, на поверхности сфероида, состояніе постояннаго равновѣсія. Для опредѣ-

ленія этого состоянія, я предложилъ, въ вышеупомянутой одиннадцатой книгѣ, методу приближенія расположенную по степенямъ отношенія плотности моря къ средней плотности земли, отношенія которое, не превышая $\frac{1}{5}$, дѣлаетъ приближеніе сходящимся. Неправильность глубины и фигуры береговъ моря не позволяетъ получить такого приближенія. Но достаточно узнать его возможность, чтобы убѣдиться въ существованіи состоянія равновѣсія моря. Такъ какъ положеніе неподвижной оси вращенія произвольно, то естественно думать, что между всѣми измѣненіями, которыя можетъ имѣть это положеніе, существуетъ одно, въ которомъ ось проходитъ чрезъ общій центръ тяжести моря и сфероида имъ покрываемаго, такъ что если бы морская вода пришла въ равновѣсіе и отвердѣла бы въ этомъ состояніи, упомянутая ось была бы главною осью вращенія земнаго сфероида вмѣстѣ съ моремъ. Ясно, что возвративъ застывшей массѣ ея жидкость, ось навсегда останется неизмѣнною для всей земли. Я доказалъ анализомъ, что такая ось всегда возможна и тогда же предложилъ уравненія опредѣляющія ея положеніе. Прилагая эти уравненія къ случаю, что море вполнѣ покрываетъ сфероидъ, я пришелъ къ слѣдующей теоремѣ.

«Если вообразимъ плотность каждаго слоя земнаго «сфероида уменьшенною на плотность моря; и если, «чрезъ центръ тяжести этого умственнаго сфероида, «представимъ себѣ одну изъ главныхъ осей его вращенія; то, заставивъ землю вертѣться на этой оси, съ мо«ремъ находящимся въ равновѣсіи, эта ось будетъ глав«ною цѣлой земли, которой центръ тяжести будетъ цен«тромъ тяжести умственнаго сфероида».

Итакъ море, покрывающее часть земнаго сфероида, не только не дѣлаетъ невозможнымъ существованіе главной оси, но еще своею подвижностію и сопротивленіями, которыя претерпѣваются его колебаніями, оно возвратило бы землѣ состояніе прочнаго равновѣсія, если бы какія либо причины его нарушили.

Если бы море было довольно глубоко для покрытія всей поверхности земнаго сфероида, который предположенъ вертящимся послѣдовательно вокругъ трехъ главныхъ осей сейчасъ упомянутаго умственнаго сфероида, то каждая изъ этихъ осей была бы главною осью цѣлой земли. Но прочность оси вращенія имѣетъ мѣсто, какъ и въ твердомъ тѣлѣ, только относительно двухъ главныхъ осей, для которыхъ моментъ инерціи есть наибольшій или наименьшій. Впрочемъ, между твердымъ тѣломъ и землею существуетъ та разница, что, перемѣнивъ ось вращенія, твердое тѣло не измѣнитъ своей фигуры; тогда какъ, послѣ такого измѣненія, поверхность моря принимаетъ другую фигуру. Три фигуры, принимаемыя этою поверхностію, при послѣдовательномъ вращеніи, съ одинаковою угловою скоростію, вокругъ каждой изъ трехъ осей вращенія умственнаго сфероида, имѣетъ весьма простыя, опредѣленныя мною отношенія. Изъ моего анализа слѣдуетъ, что средній радіусъ, между радіусами трехъ поверхностей моря, соотвѣтствующихъ одной и той же точкѣ поверхности земнаго сфероида, равенъ радіусу поверхности моря въ равновѣсіи на томъ сфероидѣ лишенномъ всякаго вращательнаго движенія.

Въ пятой книгѣ *Небесной механики* я разсмотрѣлъ вліяніе внутреннихъ причинъ — каковы вулканы, землетрясенія, вѣтры, морскія теченія и т. п. — на продолжительность вращенія земли, и показалъ, помощію начала площадей, что упомянутое вліяніе нечувствительно; а для того, чтобы произвести замѣтное дѣйствіе, нужно бы было, чтобы, вслѣдствіе исчисленныхъ причинъ, значительныя массы были перенесены на большія разстоя-

нія; чего не случалось отъ начала историческихъ временъ. Но существуетъ еще внутренняя причина измѣненія продолжительности дня, причина, которую еще не принимали въ соображеніе и которая, по важности этого элемента, заслуживаетъ спеціальнаго разсмотрѣнія. Эта причина заключается въ собственной теплотѣ земнаго сфероида.

Если, какъ все заставляетъ думать, вся земля была первоначально жидкою, то размѣры ея должны были уменьшаться послѣдовательно вмѣстѣ съ ея температурою: ея угловая скорость вращенія постепенно увеличивалась, и будетъ впредь возрастать до тѣхъ поръ, пока земля придетъ въ состояніе постоянной средней температуры пространства въ которомъ она движется. Чтобы получить такую идею объ этомъ возрастаніи угловой скорости, вообразимъ, въ пространствѣ данной температуры, шаръ изъ однороднаго вещества вращающійся на своей оси въ теченіе сутокъ. Если перенести этотъ шаръ въ пространство котораго температура будетъ на одинъ градусъ (стоградуснаго термометра) ниже, и предположить, что вращеніе того шара не нарушается ни сопротивленіемъ средины, ни треніемъ; то размѣръ этого шара уменьшится отъ уменьшенія температуры, и когда онъ, съ теченіемъ времени, приметъ температуру новаго пространства, то радіусъ его уменьшится на количество, которое я предположу равнымъ $\frac{1}{100000}$, что будетъ, въ самомъ дѣлѣ, приблизительно справедливо для стекляннаго шара и что можно допустить и для земли. Вѣсъ теплоты оставался незамѣтнымъ при всѣхъ опытахъ дѣланныхъ для его измѣренія: и потому теплота, подобно свѣту, повидимому не производитъ никакого чувствительнаго измѣненія въ массахъ тѣлъ. Итакъ, въ новомъ пространствѣ, два условія могутъ быть предположены тѣже самыя какъ и въ первомъ,

именно: масса шара и сумма площадей описанныхъ, въ данное время, каждою изъ его частичекъ отнесенныхъ къ плоскости его экватора. Частички приблизятся къ центру шара на $\frac{1}{100000}$ ихъ разстоянія отъ упомянутой точки. А какъ площадь описываемая ими на плоскости экватора, пропорціональная квадрату этого разстоянія, уменьшилась бы весьма приблизительно на $\frac{1}{50000}$, если бы угловая скорость вращенія не увеличилась; то отсюда слѣдуетъ, что для постоянства суммы площадей въ данное время, увеличеніе этой скорости и слѣдовательно уменьшеніе времени вращенія должны равняться $\frac{1}{50000}$. Таково и будетъ окончательное уменьшеніе упомянутаго времени вращенія.

Но, прежде чѣмъ температура шара дойдетъ до этого крайняго или окончательнаго состоянія, она безпрерывно уменьшается и въ центрѣ медленнѣе чѣмъ на поверхности; такъ что, наблюденіями этого уменьшенія, сравненными съ теоріею теплоты, можно бы опредѣлить эпоху, въ которую шаръ былъ перенесенъ въ новое пространство. Это выводится изъ термометрическихъ наблюденій, дѣланныхъ въ глубокихъ рудникахъ и указывающихъ возрастаніе теплоты весьма чувствительное по мѣрѣ прониканія во внутренность земли. Среднее изъ замѣченныхъ возрастаній составляетъ кажется одинъ градусъ стостепеннаго термометра на углубленіе въ 32 метра; но только весьма большое число наблюденій покажетъ точную величину, которая можетъ быть не одинакова во всѣхъ климатахъ (*) (КК).

(*) Вообразимъ себѣ подъ обширнымъ плоскогоріемъ и на глубинѣ около трехъ тысячъ метровъ, обширный резервуаръ воды, питаемый дождями. Воды эти пріобрѣтутъ, вслѣдствіе земной теплоты, температуру почти равную кипящей водѣ. Предположимъ потомъ, что давленіемъ прилежащихъ столбовъ воды или паровъ, поднимающихся изъ водохранилища, упомянутыя воды поднимутся до высоты нижней части

Для полученія ускоренія вращенія земли необходимо было узнать законъ уменьшенія теплоты, отъ центра къ поверхности. Въ XI книгѣ моей *Небесной механикѣ*, я сдѣлалъ это для шара первоначально нагрѣтаго до произвольной температуры и, сверхъ того, подверженнаго дѣйствію внѣшней нагрѣвающей причины. Законъ, о которомъ идетъ рѣчь, обнародованъ мною въ *Connaissance des Temps* на 1819 годъ и впослѣдствіи подтвержденъ Пуассономъ помощію ученаго анализа. Этотъ законъ изображается безконечнымъ рядомъ членовъ имѣющихъ факторами постоянныя величины послѣдовательно меньшія единицы и которыхъ экспоненты возрастаютъ пропорціонально времени. Такимъ образомъ, отъ продолжительности времени исчезаютъ эти члены одни послѣ другихъ; такъ что, ранѣе установленія конечной температуры, чувствителенъ только одинъ изъ этихъ членовъ, производящій возрастаніе температуры во внутренности шара. Я предположилъ землю дошедшею до этого состоянія, отъ котораго она, можетъ быть, еще очень далека. Но имѣя здѣсь цѣлію только изображеніе очерка вліянія уменьшенія ея температуры на длину сутокъ, я принялъ сказанную ипотезу и вывелъ изъ нея возрастаніе скорости вращенія. Для приведенія этого возрастанія въ числа, нужно численно опредѣлить двѣ произвольныя постоянныя, зависящія — одна отъ теплопроводимости земли, а другая отъ возвышенности температуры ея поверхностнаго слоя надъ температурою окружающаго пространства. Я опредѣлилъ первую постоянную помощію измѣненій годичной теплоты на различныхъ глубинахъ; и для этого я воспользовался

плоскогорія и будетъ вытекать оттуда. Онѣ образуютъ тогда горячій источникъ, напитанный растворимыми веществами земныхъ слоевъ по которымъ прошли воды. Вотъ вѣроятное объясненіе происхожденія минеральныхъ водъ.

опытами Соссюра, приведенными въ № 1422 его *Путешествія по Альпамъ*. Въ этихъ опытахъ, годичное измѣненіе теплоты при поверхности уменьшилось до $^1/_{12}$ на глубинѣ 9.6 метровъ. Потомъ, я предположилъ, что въ нашихъ рудникахъ, возрастаніе теплоты составляетъ одинъ Цельсіевъ градусъ (*) на углубленіе въ 32 метровъ; и что линейное расширеніе земныхъ слоевъ равняется $\frac{1}{100000}$ на каждый градусъ температуры. При пособіи этихъ данныхъ, я нашелъ, что длина сутокъ, въ теченіе двухъ тысячъ лѣтъ, не измѣнилась на половину сотой части сторичной секунды (séconde centésimale), что преимущественно происходитъ отъ величины земнаго радіуса.

Правда, я предположилъ землю однородною, а неоспоримо плотности ея слоевъ возрастаютъ отъ поверхности къ центру. Но должно здѣсь замѣтить, что количество теплоты и ея движенія будутъ точно такими же въ неоднородномъ веществѣ, если въ соотвѣтствующихъ частяхъ обоихъ тѣлъ, теплота и проводимость ея одинаковы. Вещество можетъ быть здѣсь разсматриваемо какъ оболочка для теплоты, которая можетъ быть одинаковою въ веществахъ различныхъ плотностей.

Совсѣмъ другое мы увидимъ въ динамическихъ свойствахъ зависящихъ отъ массы частичекъ. И такъ, въ этомъ очеркѣ дѣйствій земной теплоты на длину сутокъ, мы можемъ распространить на неоднородную землю, данныя касательно теплоты, относящіяся къ землѣ однородной. Такимъ образомъ найдется, что возрастаніе плотности слоевъ земнаго сфероида уменьшаетъ дѣйствіе теплоты на длину сутокъ, дѣйствіе, которое со временъ Иппарха не увеличило упомянутую длину на $\frac{1}{300}$ сек.

(*) Цельсіевъ градусъ или градусъ стостепеннаго термометра вообще нынѣ употребляемаго при ученыхъ изысканіяхъ. Этотъ гра-

Членъ, отъ котораго зависитъ возрастаніе внутренней теплоты земли, не прибавляетъ въ наше время $\frac{1}{5}$ градуса къ средней температурѣ ея поверхности. Поэтому его уничтоженіе, вслѣдствіе длиннаго ряда вѣковъ, не будетъ причиною уничтоженія какихъ либо породъ органическихъ существъ нынѣ живущихъ на землѣ, по крайней мѣрѣ, пока теплота, свойственная солнцу и его разстояніе отъ земли не потерпятъ чувствительныхъ измѣненій.

Впрочемъ, я весьма далекъ отъ мысли, что вышеобъясненныя предположенія необходимо существуютъ въ природѣ. Да и выведенныя изъ наблюденій величины двухъ вышеупомянутыхъ постоянныхъ зависятъ отъ свойства почвы, которая не во всѣхъ мѣстностяхъ имѣетъ одинаковыя качества относительно теплоты. Однакожь, представленнаго мною очерка достаточно для показанія, что замѣченныя явленія относительно земной теплоты могутъ согласоваться съ результатомъ, выведеннымъ мною изъ сравненія теоріи вѣковыхъ неравенствъ луны и наблюденій древнихъ затмѣній, именно, что со временъ Иппарха, длина сутокъ не измѣнилась на $\frac{1}{100}$ секунды.

Каково же, однакожь, отношеніе средней плотности земли къ извѣстной плотности какого либо вещества, находящагося на ея поверхности?

Дѣйствіе притяженія горъ на качанія маятника и на направленіе отвѣса можетъ привести насъ къ рѣшенію этой любопытной задачи. Правда, что высочайшія горы все-таки чрезвычайно малы въ сравненіи съ землею; но мы можемъ очень приблизиться къ центру ихъ дѣйствія, что, въ соединеніи съ точностію новѣйшихъ наблюденій, должно сдѣлать дѣйствія ихъ замѣтными. Весьма высокія

дусъ равняется $\frac{4}{5}$ градуса Реомюрова термометра употребляемаго у насъ въ общежитіи. *Прим. переводч.*

горы Перу казались очень удобными для такой цѣли и Бугѐръ не могъ пренебречь такимъ важнымъ наблюденіемъ въ путешествіи, предпринятомъ имъ для измѣренія градусовъ меридіана при экваторѣ. Но такъ какъ упомянутыя огромныя тѣла (горы) были вулканы и заключали внутри обширныя пустоты, то дѣйствіе ихъ притяженія оказалось гораздо слабѣе чѣмъ должно было ожидать судя по ихъ величинѣ. Впрочемъ, все-таки оно было чувствительно. Уменьшеніе тяжести на вершинѣ Пичинчи было бы 0,00149, безъ притяженія горы; но на опытѣ оказалось только 0,00118. Отклоненіе отвѣса дѣйствіемъ другой горы превзошло 20″. Въ послѣдствіи Мэскелейнъ (Maskeline), съ чрезвычайнымъ тщаніемъ измѣрилъ подобное же дѣйствіе одной изъ шотландскихъ горъ и вывелъ, что средняя плотность земли почти вдвое значительнѣе средней плотности горы и отъ четырехъ до пяти разъ значительнѣе чѣмъ плотность обыкновенной воды. Это любопытное наблюденіе заслуживаетъ повторенія на различныхъ горахъ, которыхъ внутреннее строеніе хорошо извѣстно.

Кавендитъ опредѣлилъ сказанную плотность притяженіемъ двухъ металлическихъ шаровъ большаго діаметра, которое онъ весьма остроумнымъ способомъ успѣлъ сдѣлать ощутительнымъ. Изъ его опытовъ слѣдуетъ, что средняя плотность земли въ сравненіи съ водою, находится весьма приблизительно въ отношеніи 11 къ 2; что согласуется съ вышеприведеннымъ выводомъ, на сколько можно того ожидать отъ столь деликатныхъ опытовъ и наблюденій (ЛЛ).

Я представлю здѣсь нѣсколько соображеній относительно морскаго уровня.

Вообразимъ вокругъ земли весьма разрѣженную жидкость, имѣющую повсюду одинаковую весьма малую плотность; но обнимающую притомъ самыя высокія горы. Такова

будетъ весьма приблизительно наша атмосфера приведенная къ ея средней плотности. Анализъ показываетъ, что соотвѣтствующія точки поверхностей моря и сказанной жидкости, раздѣлены между собою одинаковымъ промежуткомъ. Продолжая мысленно морскую поверхность подъ материкъ и подъ поверхность жидкости, такъ чтобы обѣ поверхности были постоянно раздѣлены сказаннымъ промежуткомъ, первая поверхность будетъ то, что мы называемъ *уровнемъ моря*. Измѣренія градусовъ опредѣляютъ эллиптичность этихъ двухъ поверхностей; также измѣненіе тяжести на поверхности предположенной жидкости, вмѣстѣ съ эллиптичностью этой поверхности, даютъ постоянную сумму, равную $^5/_2$ отношенія центробѣжной силы къ тяжести на экваторѣ. Слѣдовательно, къ этой поверхности, или къ поверхности моря, продолженной какъ мы выше сказали, должно относить измѣренія градусовъ и маятника, наблюденныя на материкахъ. Легко доказать, что тяжесть измѣняется чувствительно отъ точки взятой на материкѣ до соотвѣтствующей точки предположенной жидкости, только относительно разстоянію этихъ двухъ точекъ, если склонъ къ морю мало значителенъ. Слѣдовательно, въ приведеніи длины маятника къ уровню моря, должно брать тогда въ соображеніе только высоту надъ этимъ уровнемъ такъ какъ мы ее сейчасъ опредѣлили.

Чтобы сдѣлать это чувствительнымъ въ одномъ изъ случаевъ подверженныхъ мною анализу (*), вообразимъ что земля есть эллипсоидъ вращенія частію покрытый моремъ, котораго плотность мы предположимъ весьма малою относительно средней плотности земли. Если эллиптичность земнаго сфероида менѣе чѣмъ та, которая приличествуетъ равновѣсію ея поверхности предположенной

(*) См. книгу XI въ «Traité de Mécanique céleste».

жидкою, то море покроетъ земной экваторъ до извѣстной широты. Градусы измѣренные на материкахъ и увеличенные въ отношеніи ихъ разстоянія отъ поверхности предположенной жидкости (радіусъ земной будучи взятъ за единицу) будутъ тѣ самыя, которыя бы мы измѣрили на этой поверхности. Длина секунднаго маятника, уменьшенная по двойному этому отношенію, будетъ та, которую бы наблюдали на той же самой поверхности; и эллиптичность, опредѣленная измѣреніемъ градусовъ, будетъ таже, которую получили бы, вычитая изъ $^5/_2$ отношенія центробѣжной силы къ тяжести на экваторѣ, и принявъ за единицу тяжести избытокъ полярной тяжести надъ экваторіальною.

Приложимъ предшествующую теорію къ Юпитеру.

Центробѣжная сила происходящая отъ вращательнаго движенія этой планеты составляетъ весьма приблизительно $^1/_{12}$ тяжести на его экваторѣ; по крайней мѣрѣ, если принять разстояніе четвертаго спутника отъ центра планеты, которое мы привели во второй книгѣ. Если бы Юпитеръ былъ однороденъ, то діаметръ его экватора получился бы чрезъ прибавленіе къ его малой оси, взятой за единицу, пяти четвертей предшествующей дроби; обѣ эти оси были бы тогда въ отношеніи

10 къ 9,06.

По наблюденіямъ, ихъ отношеніе есть

10 къ 9,43.

Слѣдовательно, Юпитеръ не однороденъ.

Предположивъ его составленнымъ изъ слоевъ которыхъ плотности уменьшаются къ центру поверхности, его эллиптичность должна заключаться между $^1/_{24}$ и $^5/_{48}$. Наблюденная эллиптичность, падая между этими предѣлами, доказываетъ намъ разнородность слоевъ этой планеты, и, по аналогіи, разнородность слоевъ земнаго сфероида,

уже дознанную чрезъ измѣреніе маятника и подтвержденную неравенствами луны, зависящими отъ сплюснутости земли.

ГЛАВА ДЕВЯТАЯ.

О ФИГУРѢ САТУРНОВА КОЛЬЦА.

Сатурново кольцо, какъ мы уже видѣли въ первой книгѣ, состоитъ изъ двухъ концентрическихъ колецъ весьма малой толщины.

Какимъ механизмомъ кольцы эти поддерживаются вокругъ планеты? Невѣроятно, чтобы это совершалось простымъ сцѣпленіемъ ихъ частичекъ; ибо тогда ихъ части ближайшія къ Сатурну, побуждаемыя безпрерывно возрождающимся дѣйствіемъ тяжести, съ теченіемъ времени отдѣлились бы отъ колецъ, которыя, наконецъ, нечувствительными поврежденіями, совершенно бы разрушились, какъ и всѣ произведенія природы, которыя не имѣютъ достаточныхъ силъ для противустоянія дѣйствію постороннихъ причинъ. Должно быть, что тѣ кольца поддерживаются безъ усилія, одними законами равновѣсія; но, для этого нужно предположить въ нихъ вращательное движеніе вокругъ оси перпендикулярной къ ихъ плоскости и проходящей чрезъ центръ Сатурна, для того чтобы ихъ тяготѣніе къ планетѣ уравновѣшивалось ихъ центробѣжною силою, происходящею отъ того движенія.

Вообразимъ себѣ однородную жидкость, разлитую въ видѣ кольца вокругъ Сатурна, и посмотримъ, какова должна быть ея фигура, для того чтобы она находилась въ равновѣсіи, вслѣдствіе взаимнаго притяженія своихъ части-

чекъ, ихъ тяготѣнія къ Сатурну и ихъ центробѣжной силы. Если провести чрезъ центръ планеты плоскость перпендикулярную къ поверхности кольца, то сѣченіе кольца этою плоскостію будетъ то, что я называю *производящею кривою* (courbe génératrice). Анализъ показываетъ, что если ширина кольца малозначительна въ сравненіи съ его разстояніемъ отъ центра Сатурна, равновѣсіе жидкости возможно, когда производящая кривая будетъ эллипсъ, котораго большая ось направлена къ центру планеты. Время вращенія кольца равняется почти времени обращенія спутника движущагося кругообразно на разстояніи отъ центра производящаго эллипса, и это время, для внутренняго кольца, составляетъ около $4\frac{1}{3}$ часовъ. Гершель подтвердилъ наблюденіями этотъ результатъ, къ которому я былъ приведенъ теоріею тяготѣнія.

Равновѣсіе жидкости будетъ еще существовать, предположивъ производящій эллипсъ измѣняющимся, по величинѣ и положенію, въ протяженіи окружности кольца; лишь бы его измѣненія были чувствительны только на разстояніяхъ гораздо большихъ чѣмъ ось производящаго сѣченія (section génératrice). Такимъ образомъ, кольцо можетъ быть предположено неравной ширины въ различныхъ своихъ частяхъ: его можно даже предположить съ двойною кривизною. Эти неравенства указываются появленіями и исчезаніями сатурнова кольца, въ которыхъ оба его конца представляли различныя явленія. Они даже необходимы для поддерживанія кольца въ равновѣсіи около планеты; ибо, если бы оно было совершенно одинаково во всѣхъ своихъ частяхъ, то равновѣсіе его было бы возмущаемо самою ничтожною силою, какъ напримѣръ, притяженіемъ спутника, и кольцо наконецъ упало бы на планету.

Слѣдовательно кольца, окружающія Сатурна, суть твердыя неправильныя тѣла, неравной ширины въ различныхъ

частяхъ ихъ окружности, такъ что ихъ центры тяжести не совпадаютъ съ центрами ихъ фигуры. Эти центры тяжести могутъ быть разсматриваемы какъ спутники движущіеся вокругъ центра Сатурна, на разстояніяхъ зависящихъ отъ неравенства колецъ и съ угловыми скоростями равными скоростями вращенія соотвѣтствующихъ имъ колецъ.

Понятно, что эти кольца, побуждаемыя взаимнымъ дѣйствіемъ и дѣйствіями солнца и сатурновыхъ спутниковъ, должны колебаться около центра ихъ планеты и производить, вслѣдствіе того, явленія свѣта, которыхъ періодъ заключаетъ въ себѣ нѣсколько лѣтъ. Такъ какъ кольца повинуются различнымъ силамъ, то можно бы подумать, что они выйдутъ когда либо изъ общей плоскости; но Сатурнъ имѣетъ быстрое вращательное движеніе и плоскость его экватора совпадаетъ съ плоскостію колецъ и первыхъ шести спутниковъ; поэтому дѣйствіе его удерживаетъ въ упомянутой плоскости систему поименованныхъ тѣлъ. Дѣйствіе же солнца и седьмаго спутника измѣняетъ только положеніе плоскости сатурнова экватора, который въ такомъ своемъ движеніи увлекаетъ и кольца и орбиты первыхъ шести спутниковъ.

ГЛАВА ДЕСЯТАЯ.

ОБЪ АТМОСФЕРАХЪ НЕБЕСНЫХЪ ТѢЛЪ.

Атмосферою тѣлъ называется рѣдкая, прозрачная, сжимаемая и упругая жидкость окружающая тѣло, опираясь на него. Мы воображаемъ вокругъ каждаго изъ небесныхъ тѣлъ подобную атмосферу, вѣроятную для всѣхъ,

но существованіе которой относительно солнца и Юпитера указывается наблюденіями (*). По мѣрѣ того, какъ атмосферная жидкость воздымается надъ тѣломъ, она становится рѣже, вслѣдствіе своей расширяемости, которая тѣмъ сильнѣе, чѣмъ менѣе та жидкость сжата. Но, если бы части ея наружной поверхности были упруги, то она распространялась бы безпрерывно и наконецъ разсѣялась бы въ пространствѣ; слѣдовательно, нужно чтобы упругость или расширяемость атмосферной жидкости уменьшалась въ бо̀льшемъ отношеніи, чѣмъ вѣсъ ее гнетущій, и что существуетъ состояніе разрѣженія, въ которомъ эта жидкость не расширяется болѣе. Въ этомъ-то состояніи она должна находиться на поверхности атмосферы.

Всѣ атмосферные слои должны, со временемъ, принять равное угловое вращательное движеніе, общее тѣлу ими окружаемому; ибо треніе тѣхъ слоевъ другъ о друга и о поверхность тѣла должно ускорять медленнѣйшія движенія и замедлять быстрѣйшія, пока тѣ и другія не сравняются совершенно. Въ этихъ перемѣнахъ и вообще во всѣхъ претерпѣваемыхъ атмосферою, сумма произведеній частичекъ тѣла и его атмосферы, помноженныхъ взаимно на площади описываемыя, вокругъ общаго центра тяжести, ихъ радіусами векторами, проложенными на плоскости, экватора, всегда остается одинаковою, въ равныя времена. Поэтому, предположивъ, что какою либо причиноюатмосфера бы сжалась, или что часть ея сгустилась бы на поверхности тѣла; вращательное движеніе тѣла и атмосферы отъ того ускорится; ибо радіусы векторы площадей,

---

(*) На основаніи соображенія всѣхъ новѣйшихъ наблюденій надъ луною, можно почти утвердительно и несомнѣнно сказать, что луна не имѣетъ атмосферы, и если таковая есть на лунѣ, то слой ея чрезвычайно тонокъ и рѣдкость ея превосходитъ рѣдкость нашего земнаго воздуха, по крайней мѣрѣ, въ тысячу разъ. *Прим. перев.*

описанныхъ частичками первоначальной атмосферы, уменьшатся и сумма произведеній всѣхъ частичекъ на соотвѣтствующія площади не можетъ остаться одинаковою, развѣ только скорость вращенія увеличится.

На внѣшней поверхности атмосферы жидкость удерживается одною только своею тяжестію, и фигура этой поверхности такова, что слагающая центробѣжной и притягательной силъ тѣла, къ ней перпендикулярна. Атмосфера сплюснута у своихъ полюсовъ и вздута на экваторѣ; но упомянутая сплюснутость имѣетъ предѣлы и, въ случаѣ наибольшей ея величины, отношеніе полярной оси къ экваторіальной будетъ какъ 2 къ 3.

Атмосфера можетъ распространяться на экваторѣ только до той точки, гдѣ центробѣжная сила въ точности уравновѣситъ силу тяжести; ибо ясно, что далѣе этого предѣла, жидкость должна разсѣяться. Касательно солнца, упомянутая точка удалена отъ его центра на радіусъ орбиты планеты, совершающей свое обращеніе въ періодъ времени равный обращенію солнца на своей оси. Итакъ, солнечная атмосфера не простирается до орбиты Меркурія, и слѣдовательно, не она причиною зодіакальнаго свѣта, который повидимому простирается даже за земную орбиту. Впрочемъ, эта атмосфера которой полярная ось должна быть, по крайней мѣрѣ, въ $^2/_3$ оси экваторіальной, весьма далека отъ чечевицеобразной формы, которую наблюдатели придаютъ зодіакальному свѣту.

Точка, въ которой центробѣжная сила уравновѣшиваетъ силу тяжести, тѣмъ ближе къ тѣлу, чѣмъ быстрѣе вращательное его движеніе. Вообразивъ, что атмосфера простирается до этого предѣла и что потомъ она сжимается и сгущается охлажденіемъ на поверхности тѣла, вращательное движеніе будетъ становиться все быстрѣе и быстрѣе и наибольшій предѣлъ атмосферы будетъ безпрерывно приближаться къ ея центру. Поэтому, атмосфера будетъ послѣдовательно оставлять въ плоскости своего экватора жидкіе *пояса* или *зоны*, которые будутъ продолжать обращаться вокругъ тѣла, потому что ихъ центробѣжная сила равна ихъ тяжести. Но такъ какъ подобное равенство не имѣетъ мѣста относительно частичекъ атмосферы отдаленныхъ отъ экватора, онѣ не перестанутъ ей принадлежать. Вѣроятно, сатурновы кольца суть подобные же пояса, оставленные его атмосферою.

Если вокругъ разсматриваемаго тѣла обращаются другія тѣла, или если оно само обращается вокругъ другаго тѣла, то предѣломъ его атмосферы будетъ точка, въ которой его центробѣжная сила, соединенная съ притяженіемъ постороннихъ тѣлъ, въ точности уравновѣшиваетъ его тяжесть. Такъ, предѣломъ атмосферы луны будетъ точка, гдѣ центробѣжная сила, происходящая отъ вращательнаго движенія нашего спутника, соединенная съ притягательною силою земли, уравновѣшиваетъ притяженіе луны. А какъ массы луны $= {}^1/_{75}$ массы земли, то упомянутая точка удалена отъ луннаго центра около $^1/_9$ разстоянія луны отъ земли. Если бы, на этомъ разстояніи, первоначальная атмосфера луны не лишилась своей расширяемости, то она устремилась бы къ землѣ, которая могла ее притянуть такимъ образомъ. Можетъ быть, по этой-то причинѣ, лунная атмосфера такъ мало замѣтна.

ГЛАВА ОДИННАДЦАТАЯ.

О МОРСКОМЪ ПРИЛИВѢ И ОТЛИВѢ.

Ньютонъ первый далъ истинную теорію морскихъ приливовъ и отливовъ, связавъ ее съ великимъ началомъ

всемірнаго тяготѣнія. Кеплеръ, правда, зналъ о стремленіи морскихъ водъ къ центрамъ солнца и луны, но не зная закона этого стремленія и методъ необходимыхъ для его вычисленія, онъ могъ только представить очень вѣроятный взглядъ на этотъ предметъ. Галилей, въ своихъ разговорахъ *о системѣ міра*, выражаетъ свое удивленіе и сожалѣніе, что подобный взглядъ, вводившій, по его мнѣнію, въ естественную философію тайныя свойства древнихъ, былъ представленъ такимъ человѣкомъ какъ Кеплеръ. Онъ объяснялъ приливъ и отливъ суточными измѣненіями, производимыми вращеніемъ земли на своей оси, вмѣстѣ съ обращеніемъ ея вокругъ солнца, въ безусловномъ движеніи каждой частички моря. Это объясненіе казалось ему такъ несомнѣннымъ, что онъ представлялъ его какъ одно изъ главныхъ доказательствъ системы Коперника, защита которой навлекла ему столько преслѣдованій. Послѣдующія открытія подтвердили взглядъ Кеплера и уничтожили объясненіе Галилея, противное законамъ равновѣсія и движенія жидкостей.

Въ 1687 году явилась теорія Ньютона, въ его сочиненіи: *Математическія начала естественной философіи*. Онъ тамъ разсматриваетъ море какъ жидкость, имѣющую одинаковую плотность съ землею, вполнѣ ею покрываемою, и принимающую въ каждое мгновеніе фигуру, въ которой она будетъ находиться въ равновѣсіи подъ дѣйствіемъ солнца. Предположивъ потомъ, что эта фигура есть эллипсоидъ вращенія, котораго большая ось направлена къ солнцу, онъ опредѣляетъ отношеніе обѣихъ осей, по тому же способу, который далъ ему отношеніе осей земли, сплюснутой центробѣжною силою своего вращательнаго движенія. Такъ какъ большая ось воднаго эллипсоида постоянно направлена къ солнцу, то наибольшее возвышеніе моря, во всякой гавани, когда солнце на экваторѣ,

должно случаться въ полдень и въ полночь; а наибольшее пониженіе моря, при восходѣ и закатѣ дневнаго свѣтила.

Разовьемъ способъ, которымъ солнце дѣйствуетъ на море для возмущенія его равновѣсія.

Очевидно, что если бы солнце побуждало равными и параллельными силами центръ тяжести земли и всѣ частички моря, то цѣлая система земнаго сфероида и водъ его покрывающихъ повиновалась бы тѣмъ силамъ общимъ движеніемъ, и равновѣсіе бы водъ не нарушалось. Поэтому такое равновѣсіе нарушается только разностію тѣхъ силъ и неравенствомъ ихъ направленія. Частичка моря, находящаяся подъ солнцемъ, притягивается имъ сильнѣе чѣмъ земной центръ: она стремится поэтому отдѣлиться отъ земной поверхности, но удерживается на ней своею тяжестію, которая уменьшается сейчасъ упомянутымъ стремленіемъ. Спустя пол-сутки, таже частичка находится въ противустояніи съ солнцемъ, которое притягиваетъ ее тогда слабѣе чѣмъ земной центръ; тогда земной шаръ стремится отдалиться отъ той частички; но ея тяжесть удерживаетъ ее; поэтому сказанная сила опять уменьшается солнечнымъ притяженіемъ, и нетрудно убѣдиться, что такъ какъ разстояніе солнца отъ земли чрезвычайно велико сравнительно съ радіусомъ земнаго шара, то уменьшеніе тяжести въ обѣихъ этихъ случаяхъ весьма приблизительно одинаково. Простаго разложенія дѣйствія солнца на частички моря достаточно для показанія, что во всякомъ другомъ положеніи этого свѣтила въ отношеніи къ тѣмъ частичкамъ, его нарушающее равновѣсіе дѣйствіе возвращается одинаковымъ по прошествіи полусутокъ.

Законъ, по которому море воздымается и понижается, можетъ быть выраженъ слѣдующимъ образомъ:

Вообразимъ вертикальный кругъ, котораго окружность выражаетъ полусутки, а поперечникъ равенъ полному при-

ливу, то есть, разности высотъ прилива и отлива. Положимъ, что дуги этой окружности, начиная съ самой низшей точки, выражаютъ времена прошедшія послѣ отлива: синусы-верзусы этихъ дугъ будутъ высоты моря, соотвѣтствующія тѣмъ временамъ. Такимъ образомъ море, поднимаясь, омываетъ, въ равныя времена, равныя дуги упомянутой окружности.

Чѣмъ обширнѣе море, тѣмъ ощутительнѣе явленіе приливовъ. Въ жидкой массѣ впечатлѣнія, получаемыя каждою частичкою, сообщаются цѣлой массѣ; поэтому-то дѣйствіе солнца, незамѣтное на отдѣльной частичкѣ, производитъ на океанѣ замѣчательныя явленія. Вообразимъ на днѣ моря каналъ изогнутый, имѣющій на одной изъ своихъ оконечностей вертикальную трубу, поднимающуюся надъ поверхностію моря и продолженіе которой проходитъ чрезъ центръ солнца. Вода поднимается въ упомянутой трубѣ непосредственнымъ дѣйствіемъ свѣтила уменьшающаго тяжесть ея частичекъ и, въ особенности, давленіемъ частичекъ заключающихся въ каналѣ, которыя всѣ дѣлаютъ усиліе для соединеніи подъ солнцемъ. Возвышеніе воды въ трубѣ надъ естественнымъ уровнемъ моря будетъ интеграломъ этихъ безконечно малыхъ усилій. Если длина канала увеличивается, этотъ интегралъ будетъ больше, потому что распространится на большее протяженіе и потому что будетъ болѣе разности въ направленіи и въ количествѣ силъ, которыми побуждаются крайнія частички. Изъ этого примѣра видно вліяніе обширности морей на явленіе приливовъ и причина почему приливъ и отливъ нечувствительны въ небольшихъ моряхъ, каковы напримѣръ, Черное и Каспійское.

Величина приливовъ много зависитъ отъ мѣстныхъ обстоятельствъ. Волненія моря, сжатыя въ проливѣ, могутъ сдѣлаться чрезвычайно значительными; и могутъ

еще увеличиться отраженіемъ водъ отъ противуположныхъ береговъ. Такимъ образомъ, приливы, вообще весьма малые на островахъ южнаго океана, напротивъ того, весьма значительны въ нашихъ (Французскихъ) портахъ.

Если бы океанъ покрывалъ сфероидъ вращенія и не претерпѣвалъ никакого сопротивленія въ своихъ движеніяхъ, то моментъ полнаго прилива совпадалъ бы съ моментомъ прохожденія солнца чрезъ верхній или нижній меридіанъ. Но въ природѣ случается иначе и мѣстныя обстоятельства значительно измѣняютъ часъ прилива даже въ весьма близкихъ между собою портахъ. Чтобы составить себѣ вѣрную идею объ этихъ измѣненіяхъ, вообразимъ широкій каналъ, соединяющійся съ моремъ и далеко углубляющійся въ сушу. Очевидно, что волненія совершающіяся у его устья будутъ послѣдовательно распространяться по всей его длинѣ, такъ что фигура его поверхности составится изъ ряда большихъ движущихся волнъ, безпрерывно возобновляющихся и пробѣгающихъ его длину въ промежутокъ полусутокъ. Эти волны произведутъ въ каждой точкѣ канала приливъ и отливъ, которые будутъ слѣдовать вышеизложеннымъ законамъ; но часы прилива будутъ опаздывать по мѣрѣ удаленія точекъ отъ устья. То, что мы сказали о каналѣ, можетъ быть приложено къ рѣкамъ, которыхъ поверхность поднимается и опускается подобными же волнами, не смотря на противное движеніе ихъ водъ. Такія волны замѣчаются у всѣхъ рѣкъ (*), близъ ихъ устьевъ; а въ большихъ рѣкахъ они простираются весьма далеко: такъ въ Амазоннѣ

(*) Само собою разумѣется, что авторъ говоритъ тутъ о рѣкахъ, падающихъ въ Океанъ. У рѣкъ, падающихъ въ небольшія моря неимѣющія приливовъ, въ озера и другія рѣки, упомянутаго явленія быть не можетъ, по самому существу вещей.

Прим. перев.

они замѣтны на разстояніи 80 миріаметровъ (*) отъ моря, вверхъ по рѣкѣ.

Дѣйствіемъ луны на море образуется эллипсоидъ, подобный образуемому солнцемъ, только болѣе растянутый, потому что лунное дѣйствіе здѣсь гораздо сильнѣе. Незначительный эксцентрицитетъ этихъ эллипсоидовъ позволяетъ предположить ихъ наложенными одинъ на другой, такъ чтобы радіусъ поверхности моря былъ полусуммою соотвѣтствующихъ радіусовъ ихъ поверхностей.

Отсюда рождаются главнѣйшія разности морскихъ приливовъ и отливовъ. Въ сизигіяхъ, обѣ большія оси совпадаютъ и наибольшая высота моря случается въ моменты полудня и полуночи; причемъ наибольшее пониженіе случится при восходѣ и закатѣ свѣтилъ. Въ квадратурахъ совпадаютъ большая ось луннаго эллипсоида и малая ось эллипсоида солнечнаго: приливъ случается при восходѣ и закатѣ свѣтилъ и бываетъ *наименьшимъ;* отливъ же происходитъ въ полдень и полночь и море опускается до *наибольшаго* пониженія. Выражая дѣйствіе каждаго изъ обѣихъ свѣтилъ разностью двухъ полуосей его эллипсоида (который очевидно ему пропорціоналенъ) увидимъ, что если портъ находится на экваторѣ, избытокъ самаго высокаго прилива надъ нижайшимъ, въ сизигіяхъ, выразитъ сумму лунныхъ и солнечныхъ дѣйствій; а избытокъ высшаго моря надъ низшимъ, въ квадратурахъ, выразитъ разность упомянутыхъ дѣйствій. Если портъ не на экваторѣ, то должно умножить эти избытки на квадратъ косинуса широты. Слѣдовательно, наблюденіями высотъ приливовъ и отливовъ въ сизигіяхъ и квадратурахъ, можно опредѣлить отношеніе луннаго дѣйствія къ солнечному. Изъ нѣсколькихъ наблюденій, сдѣланныхъ въ Бристолѣ, Ньютонъ заключилъ, что упомянутое отношеніе $= 4\frac{1}{2}$ къ 1. Разстоянія свѣтилъ отъ центра земли имѣютъ вліяніе на всѣ эти дѣйствія, и дѣйствіе каждаго изъ тѣхъ свѣтилъ обратно пропорціонально кубу его разстоянія.

(*) Около 750 верстъ. *Прим. перев.*

Что же касается до промежутка между приливами, отъ одного дня къ другому, то Ньютонъ замѣчаетъ, что онъ менѣе всего въ сизигіяхъ; что онъ возрастаетъ отъ сизигіи до слѣдующей квадратуры; что въ первомъ октантѣ онъ равенъ луннымъ суткамъ и въ квадратурѣ бываетъ наибольшимъ; что потомъ онъ уменьшается и въ слѣдующемъ октантѣ дѣлается вновь равнымъ луннымъ суткамъ; и наконецъ, въ сизигіи, вновь достигаетъ наименьшей величины. Средняя его величина равняется луннымъ суткамъ, такъ что число приливовъ равно числу прохожденій луны чрезъ верхній и нижній меридіаны.

Таковы, по теоріи Ньютона, были бы явленія приливовъ, если бы солнце и луна двигались въ плоскости экватора. Но наблюденіе показало, что самые высокіе приливы случаются не въ самый моментъ сизигіи, но полторы сутки позже. Ньютонъ приписывалъ такое опаздываніе колебательному движенію моря, которое сохраняется еще нѣкоторое время по прекращеніи дѣйствія свѣтилъ. Точная теорія волненій моря, производимыхъ упомянутымъ дѣйствіемъ, показываетъ, что безъ побочныхъ обстоятельствъ, наибольшіе приливы совпадаютъ съ сизигіею, а самые меньшіе съ квадратурою. Такимъ образомъ, ихъ опаздываніе противу моментовъ упомянутыхъ видовъ луны не можетъ быть приписано причинѣ указанной Ньютономъ, а зависитъ, подобно часу прилива, отъ побочныхъ причинъ. Этотъ примѣръ показываетъ намъ, какъ должно быть осторожнымъ, даже въ отношеніи къ самымъ вѣроятнымъ взглядамъ, если они не повѣряются самымъ строгимъ анализомъ.

Впрочемъ, соображеніе двухъ эллипсоидовъ, наложенныхъ другъ на друга, можетъ еще представлять приливы, если только направить большую ось солнечнаго эллипсоида къ воображаемому солнцу, постоянно равно удаленному отъ истиннаго. Подобнымъ же образомъ и большая ось луннаго эллипсоида должна быть направлена къ воображаемой лунѣ, постоянно равно-отстоящей отъ луны истинной; но на такое разстояніе, что соединеніе двухъ воображаемыхъ свѣтилъ случалось бы полторы сутки послѣ сизигіи.

Такое соображеніе двухъ эллипсоидовъ, распространенное на случай, въ которомъ свѣтила движутся въ орбитахъ наклоненныхъ къ экватору, не можетъ быть согласно съ наблюденіями. Если портъ находится на экваторѣ, оно дастъ, около наибольшей высоты приливовъ, два прилива — утренній и вечерній — весьма приблизительно равные, каково бы ни было склоненіе свѣтилъ; только дѣйствіе каждаго свѣтила уменьшится въ отношеніи квадрата косинуса склоненія къ единицѣ. Но если портъ имѣетъ широту, упомянутые два прилива могутъ быть весьма различные; и когда склоненіе свѣтилъ равно наклоненію эклиптики, вечерній приливъ въ Брестѣ будетъ около восьми разъ болѣе утренняго. Однакожъ весьма многочисленныя наблюденія этого порта показываютъ, что въ вышеприведенное время оба упомянутые прилива почти одинаковы и что ихъ наибольшая разность не составляетъ $1/30$ ихъ суммы. Ньютонъ приписываетъ малость этой разности той же причинѣ которою онъ объяснилъ опаздываніе прилива противу момента сизигіи, именно, колебательному движенію моря, которое, по его мнѣнію, перенося большую часть вечерняго прилива на слѣдующій утренній, дѣлаетъ оба эти прилива почти равными. Но теорія морскихъ волненій показываетъ несправедливость и

этого объясненія, такъ что, безъ побочныхъ причинъ, оба послѣдовательные прилива были бы равны только въ томъ случаѣ, когда бы море имѣло вездѣ одинаковую глубину.

Въ 1738 году (парижская) академія наукъ предложила вопросъ о причинѣ прилива и отлива задачею на математическую премію. Эта премія присуждена въ 1740 году. Четыре сочиненія были увѣнчаны. Три первыя, основанныя на началѣ всемірнаго тяготѣнія, написаны Даніиломъ Бернулли, Эйлеромъ и Маклореномъ. Авторъ четвертаго, іезуитъ Каваллери слѣдовалъ системѣ вихрей. Это была послѣдняя почесть, отданная академіею упомянутой системѣ: академія начинала тогда наполняться молодыми геометрами, которыхъ счастливые труды должны были такъ сильно способствовать успѣхамъ небесной механики.

Три сочиненія, основанныя на всемірномъ тяготѣніи, представляютъ развитія Ньютоновой теоріи. Они не только опираются на этотъ законъ, но еще на ипотезу, принятую великимъ британскимъ геометромъ, именно, что море принимаетъ въ каждый моментъ фигуру, въ которой оно будетъ въ равновѣсіи подъ притягивающимъ его свѣтиломъ.

Самыя обширныя развитія заключаются въ мемуарѣ Бернулли. Подобно Ньютону, онъ приписывалъ опаздываніе наибольшихъ и наименьшихъ приливовъ противу моментовъ сизигій и квадратуръ, инерціи (самонедѣятельности или косности) водъ морскихъ, и можетъ быть, прибавляетъ онъ, часть этого опаздыванія зависитъ отъ времени, которое дѣйствіе луны употребляетъ для достиженія до земли. Но я открылъ, что міровое тяготѣніе передается между небесными тѣлами съ скоростію, если не безконечною, то все-таки превосходящею въ нѣсколько милліоновъ разъ быстроту свѣта; а извѣстно, что свѣтъ отъ луны достигаетъ до земли менѣе чѣмъ въ двѣ секунды.

Даламберъ, въ своемъ трактатѣ объ общей причинѣ вѣтровъ, заслужившемъ, въ 1746 году, премію берлинской академіи наукъ, разсмотрѣлъ колебанія атмосферы, производимыя притяженіями солнца и луны. Предположивъ землю лишенною своего вращательнаго движенія, котораго соображеніе онъ считалъ безполезнымъ въ этихъ изысканіяхъ, и предполагая атмосферу повсюду одинаково плотною и подверженною притяженію свѣтила находящагося въ покоѣ, онъ опредѣлилъ колебанія упомянутой жидкости. Но когда онъ захотѣлъ разсмотрѣть случай, при которомъ свѣтило находится въ движеніи, трудность задачи принудила его, для упрощенія, прибѣгнуть къ случайнымъ ипотезамъ, результаты которыхъ не могутъ быть даже принимаемы въ видѣ приближеній. Его формулы даютъ вѣтеръ постоянный отъ востока къ западу, но котораго выраженіе зависитъ отъ первоначальнаго состоянія атмосферы (état initial de l'atmosphère). А такъ какъ количества зависящія отъ этого состоянія должны были уже давно исчезнуть отъ всѣхъ причинъ, которыя возстановили бы равновѣсіе атмосферы, если бы дѣйствіе свѣтилъ прекратилось; то нельзя этимъ способомъ объяснить пассатные вѣтры. Трактатъ Даламбера замѣчателенъ рѣшеніями нѣкоторыхъ задачъ изъ интегральнаго исчисленія съ частными разностями, рѣшеніями, которыя онъ, годомъ позже, приложилъ самымъ счастливымъ образомъ къ движенію дрожащихъ струнъ.

Такимъ образомъ, движеніе жидкостей покрывающихъ планеты было предметомъ почти совершенно новымъ въ то время когда я, въ 1772 году, принялся за него. При помощи только что сдѣланныхъ открытій въ исчисленіи съ частными разностями и въ теоріи движенія жидкостей, открытій въ которыхъ Даламберъ принималъ значительное участіе, я напечаталъ въ *Запискахъ* академіи наукъ, на 1775 годъ, дифференціальныя уравненія движенія жидкостей, которыя, покрывая землю, притягиваются солнцемъ и луною. Сперва я приложилъ эти уравненія къ задачѣ, которую Даламберъ тщетно старался рѣшить, именно къ задачѣ колебаній жидкости, которая покрываетъ землю, предположенную сферическою и безъ вращенія, принимая притягивающее свѣтило движущимся вокругъ упомянутой планеты. Я представилъ общее рѣшеніе этой задачи, при произвольной плотности жидкости и таковомъ же первоначальномъ ея состояніи, предположивъ даже, что всякая жидкая частичка встрѣчаетъ сопротивленіе пропорціональное ея скорости; что показало мнѣ, что первоначальныя условія движенія уничтожаются, съ теченіемъ времени, треніемъ и небольшою вязкостію (липкостію) жидкости. Но просмотръ дифференціальныхъ уравненій вскорѣ показалъ мнѣ необходимость обратить вниманіе на вращательное движеніе земли. Я принялъ его въ соображеніе и старался спеціально опредѣлить колебанія жидкости, независимыя отъ ея начальнаго состоянія, и единственныя остающіяся постоянными. Эти колебанія трехъ видовъ.

Колебанія перваго вида независимы отъ вращательнаго движенія земли и ихъ опредѣленіе представляетъ мало затрудненій.

Колебанія, зависящія отъ вращенія земли и періодъ которыхъ составляетъ около сутокъ, принадлежатъ ко второму виду.

Наконецъ, третій видъ состоитъ изъ колебаній, которыхъ періодъ равняется приблизительно полусуткамъ. Колебанія этого вида значительно превосходятъ прочія, въ нашихъ портахъ.

Я опредѣлилъ эти различныя колебанія съ точностію, во всѣхъ тѣхъ случаяхъ, гдѣ это было возможно, а въ другихъ случаяхъ, весьма сходящимися приближе-

ніями. Избытокъ двухъ послѣдовательныхъ другъ за другомъ приливовъ зависитъ отъ колебаній втораго вида. Этотъ избытокъ, весьма мало чувствительный въ Брестѣ, былъ бы тамъ очень великъ по теоріи Ньютона. Этотъ великій геометръ и его послѣдователи, какъ я уже сказалъ, приписывали упомянутую разность между формулами и наблюденіями, самонедѣятельности морскихъ водъ. Но анализъ показалъ мнѣ, что сказанная разность зависитъ отъ закона глубины моря. Я искалъ, затѣмъ, законъ который сдѣлалъ бы тотъ избытокъ равнымъ нулю, и нашелъ, что глубина моря должна бы быть для того постоянною. Предположивъ потомъ фигуру земли эллиптическою, что также даетъ морю эллиптическую фигуру равновѣсія, я представилъ общее выраженіе неравенствъ втораго вида и вывелъ оттуда замѣчательное предложеніе, что движенія земной оси были бы тѣже самыя если бы море составляло съ землею твердую массу. Послѣднее было противно мнѣнію многихъ геометровъ и особенно Даламбера, который въ своемъ замѣчательномъ сочиненіи *«о предвареніи равноденствій»* утверждалъ, что жидкость моря лишала его всякаго вліянія на это явленіе. Мой анализъ показалъ мнѣ еще общее условіе прочности равновѣсія моря. Геометры, разсматривая равновѣсіе жидкости помѣщенной на эллиптическомъ сфероидѣ, замѣтили, что приплюскивая немного ея фигуру, она стремится возвратиться къ первому состоянію только въ томъ случаѣ, когда отношеніе ея плотности къ плотности сфероида будетъ менѣе $^5/_3$. Изъ этого условія, геометры сдѣлали условіе прочности равновѣсія жидкости.

Но, въ этомъ изысканіи, недостаточно разсмотрѣть состояніе покоя жидкости, весьма близкое къ состоянію равновѣсія: нужно предположить въ этой жидкости какое либо весьма малое начальное движеніе и опредѣлить усло-

віе, нужное для того, чтобы движеніе всегда оставалось внутри тѣсныхъ предѣловъ.

Разсматривая задачу съ этой общей точки зрѣнія, я нашелъ, что если средняя плотность земли превосходитъ среднюю плотность моря, эта жидкость, выведенная какими бы то ни было причинами изъ своего состоянія равновѣсія, отклонится отъ него только на весьма малыя количества; но если сказанное условіе не было бы соблюдено, то отклоненія могли бы быть весьма значительны. Наконецъ, я опредѣлилъ колебанія атмосферы надъ покрываемымъ ею океаномъ, и нашелъ, что притяженія солнца и луны не могутъ производить постояннаго движенія отъ востока къ западу, наблюдаемаго подъ названіемъ *пассатныхъ вѣтровъ*. Колебанія атмосферы производятъ въ высотѣ барометра небольшія колебанія, которыхъ величина на экваторѣ равняется полу-миллиметру и которыя заслуживаютъ вниманія наблюдателей.

Вышесказанныя изысканія не смотря на свою большую общность еще далеко не представляютъ наблюденій приливовъ въ нашихъ портахъ. Они предполагаютъ поверхность земнаго сфероида правильною и совершенно покрытою моремъ; а очевидно, что большія неправильности упомянутой поверхности должны значительно видоизмѣнять движеніе водъ, которыми она только частію покрыта. Опытъ, въ самомъ дѣлѣ, показываетъ что побочныя обстоятельства производятъ значительныя видоизмѣненія въ высотахъ и временахъ приливовъ, даже въ весьма близкихъ между собою портахъ. Эти видоизмѣненія невозможно подвергнуть вычисленію, потому что обстоятельства отъ которыхъ они зависятъ еще неизвѣстны. Да и если бы они были извѣстны, крайняя трудность задачи противилась бы ея рѣшенію. Впрочемъ, среди многочисленныхъ видоизмѣненій движенія моря, зависящихъ отъ

сказанныхъ обстоятельствъ, это движеніе сохраняетъ съ силами его производящими отношенія, могущія указать на сущность тѣхъ силъ, и повѣрить законъ притяженія моря солнцемъ и луною. Изысканіе этихъ отношеній между причинами и ихъ дѣйствіемъ полезно, въ естественной философіи, не менѣе прямаго рѣшенія задачъ, какъ для повѣрки существованія сказанныхъ причинъ, такъ и для опредѣленія законовъ ихъ дѣйствій. Его часто можно употребить въ дѣло; и подобно исчисленію вѣроятностей, оно составляетъ счастливое подкрѣпленіе слабости ума человѣческаго.

Въ настоящемъ вопросѣ, я началъ съ слѣдующаго принципа, который можетъ быть полезенъ и въ другихъ случаяхъ.

«Состояніе системы тѣлъ, въ которой первоначальныя «условія движенія исчезли, вслѣдствіе сопротивленій тому «движенію, періодично какъ и силы, которыми эта система «одарена».

Отсюда я вывелъ, что море побуждается періодическою силою, выраженною косинусомъ угла возрастающаго пропорціонально времени. Изъ этого слѣдуетъ частный приливъ, выраженный косинусомъ угла возрастающаго тѣмъ же самымъ образомъ, но котораго постоянная, заключенная подъ знакомъ *косинуса*, и коэффиціентъ этого косинуса, могутъ, вслѣдствіе побочныхъ обстоятельствъ, быть весьма различными отъ тѣхъ же постоянныхъ въ выраженіи силы, и опредѣляются только наблюденіемъ. Выраженіе дѣйствій солнца и луны на море можетъ быть развито въ сходящійся рядъ подобныхъ косинусовъ. Отсюда раждается столько же частныхъ приливовъ, которые, по началу существованія малыхъ колебаній, слагаются вмѣстѣ для составленія полнаго прилива, наблюдаемаго въ данномъ портѣ.

Съ этой точки зрѣнія я смотрѣлъ на приливы въ четвертой книгѣ моей ***Небесной Механики.*** Чтобы связать между собою различныя постоянныя частныхъ приливовъ, я разсматривалъ каждый приливъ какъ произведеніе дѣйствія свѣтила движущагося равномѣрно въ плоскости экватора. Приливы, которыхъ періодъ составляетъ около полусутокъ, происходятъ отъ дѣйствія свѣтилъ, которыхъ собственное движеніе весьма медленно въ отношеніи къ вращательному движенію земли. А какъ уголъ косинуса, выражающій дѣйствіе одного изъ тѣхъ свѣтилъ, есть кратное вращеніе земли, съ прибавкою или вычетомъ кратнаго собственнаго движенія свѣтила; и притомъ постоянныя косинусовъ выражающія приливы обоихъ свѣтилъ имѣли бы тѣже самыя отношенія къ постояннымъ косинусовъ выражающимъ ихъ дѣйствія, если бы собственныя движенія были равны; то я предположилъ, что отношенія измѣняются отъ одного свѣтила къ другому, пропорціонально разности собственныхъ движеній. Погрѣшность этой ипотезы, если только она существуетъ, не имѣетъ чувствительнаго вліянія на главные результаты моихъ вычисленій.

Наибольшія измѣненія высоты приливовъ въ нашихъ портахъ происходятъ отъ дѣйствія солнца и луны, предположенныхъ движущимися равномѣрно въ ихъ орбитахъ и всегда на одинаковомъ разстояніи отъ земли. Но, чтобы получить законъ этихъ измѣненій, нужно сочетать наблюденія такъ, чтобы всѣ прочія измѣненія исключались изъ ихъ результата. Этого достигаютъ разсматриваніемъ высотъ приливовъ надъ ближайшими отливами, въ сизигіяхъ и квадратурахъ, взятыхъ въ равномъ числѣ около каждаго равноденствія и каждаго солнцестоянія. Этимъ способомъ приливы независимые отъ вращенія земли и тѣ которыхъ періодъ составляетъ около однихъ сутокъ, исчезаютъ, точно также какъ приливы произведенные измѣ-

неніемъ разстоянія солнца отъ земли. Взявъ три последовательныя сизигіи или три такія же квадратуры и удвоивая промежуточную, заставляютъ исчезнуть приливы производимые измѣненіемъ разстоянія луны; потому что, если это свѣтило въ перигеѣ въ одномъ изъ фазисовъ, то оно почти въ апогеѣ въ другомъ фазисѣ, и вознагражденіе тѣмъ точнѣе, чѣмъ большее число наблюденій будетъ взято.

Этимъ способомъ вліяніе вѣтровъ на результатъ наблюденій становится почти ничтожнымъ; ибо, если вѣтеръ возвышаетъ высоту прилива, онъ почти на столько же возвышаетъ ближайшій отливъ, и дѣйствіе его исчезаетъ въ разности обѣихъ высотъ. Соединяя такимъ образомъ наблюденія, чтобы ихъ совокупность представляла одинъ только элементъ, можно послѣдовательно опредѣлить всѣ элементы явленій. Для полученія этихъ элементовъ, анализъ вѣроятностей доставляетъ методу еще болѣе надежную и которую можно назвать *наивыгоднѣйшею методою.*

Она заключается въ составленіи между элементами столькихъ условныхъ уравненій, сколько существуетъ наблюденій. Правилами этой методы приводятъ число этихъ уравненій къ числу опредѣляемыхъ элементовъ, разрѣшая такимъ образомъ приведенныя уравненія. Этимъ способомъ составилъ Буваръ свои превосходныя таблицы Юпитера, Сатурна и Урана. Но такъ какъ наблюденія приливовъ далеки отъ точности астрономическихъ наблюденій, весьма большое количество первыхъ, необходимое для взаимнаго вознагражденія погрѣшностей, не позволяетъ приложить къ нимъ наивыгоднѣйшую методу.

По приглашенію (парижской) академіи наукъ, въ началѣ минувшаго вѣка, были дѣлаемы наблюденія приливовъ въ теченіе шести послѣдовательныхъ лѣтъ. Съ этими-то

наблюденіями, изданными Лаландомъ, сравнилъ я, въ вышеупомянутой книгѣ, мои формулы. Положеніе брестскаго порта весьма выгодно для подобнаго рода наблюденій. Онъ сообщается съ моремъ посредствомъ обширнаго канала, въ глубинѣ котораго онъ построенъ. Поэтому, неправильности морскаго движенія достигаютъ до порта весьма ослабленными, почти также какъ колебанія, причиняемыя неправильнымъ движеніемъ корабля въ барометрѣ, ослабляются перехватомъ (съуженіемъ) въ трубкѣ сказаннаго прибора. Впрочемъ, такъ какъ приливы въ Брестѣ значительны, то случайныя измѣненія составляютъ только слабую ихъ часть. Поэтому, если наблюденія приливовъ довольно многочисленны, въ нихъ замѣчается большая правильность, которую не нарушаетъ небольшая рѣчка, падающая въ обширный рейдъ брестскаго порта.

Пораженный такою правильностію, я предложилъ правительству сдѣлать распоряженіе о производствѣ въ Брестѣ новаго ряда наблюденій приливовъ, въ теченіе, по крайней мѣрѣ, одного періода движенія узловъ лунной орбиты. Это предложеніе было приведено въ исполненіе. Новыя наблюденія начались съ 1 іюня 1806 года, и съ той эпохи они безпрерывно продолжаются каждодневно.

Наблюденія 1807 и пятнадцати послѣдующихъ лѣтъ были подвержены вычисленію. Неутомимому рвенію Бувара, во всемъ относящемся до астрономіи, я обязанъ огромными вычисленіями, требовавшимися для сравненія моего анализа съ наблюденіями. Буваръ принялъ въ соображеніе около шести тысячъ наблюденій.

Чтобы получить высоты приливовъ и ихъ измѣненія, которыя близъ *максимумовъ* и *минимумовъ* пропорціональны квадрату времени, взяли, близъ каждаго равноденствія и близъ каждаго солнцестоянія, три послѣдовательныя сизигіи, между которыми заключалось равноденствіе или

солнцестояніе и удвоили результаты промежуточной сизигіи, для уничтоженія вліянія луннаго параллакса. Въ каждой сизигіи взяли высоту вечерняго прилива надъ утреннимъ отливомъ дня предшествующаго сизигіи, дня самой сизигіи и четырехъ послѣдующихъ за нею дней; потому что *максимумъ* приливовъ падаетъ около половины этого промежутка. Наблюденія этихъ высотъ, сдѣланныя днемъ, представляютъ болѣе надежности и точности. Для каждаго изъ шестнадцати годовъ составили сумму высотъ соотвѣтствующихъ дней въ равноденственныхъ сизигіяхъ и подобную же сумму относительно сизигій солнцестоятельныхъ, и изъ нихъ вывели *максимумы* высотъ приливовъ, близъ сизигій, какъ равноденственныхъ, такъ и солнцестоятельныхъ, и измѣненія этихъ высотъ близъ ихъ *максимумовъ*. Обозрѣніе сказанныхъ высотъ и ихъ измѣненій показываетъ правильность этого рода наблюденій въ брестскомъ портѣ.

Въ квадратурахъ, слѣдовали тому же способу, съ единственною разницею, что взяли избытокъ утренняго прилива надъ вечернимъ отливомъ дня квадратуры и трехъ дней за нимъ послѣдующихъ. Такъ какъ возрастаніе квадратурныхъ приливовъ, начиная отъ ихъ *минимума*, гораздо быстрѣе чѣмъ уменьшеніе сизигійныхъ приливовъ, начиная отъ ихъ *максимума*, то необходимо было ограничить кратчайшимъ промежуткомъ законъ измѣненія пропорціональнаго квадрату времени.

Всѣ эти высоты съ очевидностію показываютъ вліяніе склоненій солнца и луны не только на безусловныя (абсолютныя) высоты приливовъ, но и на ихъ измѣненія. Многіе ученые и въ особенности Лаландъ подвергали сомнѣнію это вліяніе, потому что вмѣсто соображенія большой совокупности наблюденій они взялись за нѣсколько отдѣльныхъ наблюденій въ которыхъ море, дѣйствіемъ случайныхъ причинъ, поднялось на большую высоту около солнцестояній. Но достаточно самаго простаго приложенія исчисленія вѣроятностей къ результатамъ Бувара, чтобы убѣдиться, что вѣроятность вліянія склоненія свѣтилъ огромна и много превосходитъ вѣроятность большаго числа фактовъ, въ которыхъ не позволено сомнѣваться.

Изъ измѣненій приливовъ близъ ихъ *максимумовъ* и *минимумовъ* вывели промежутокъ, которымъ тѣ *максимумы* и *минимумы* слѣдуютъ за сигизіями и квадратурами; этотъ промежутокъ оказался весьма приблизительно равнымъ полуторымъ суткамъ, что вполнѣ согласуется съ результатами, полученными мною изъ старинныхъ наблюденій, въ четвертой книгѣ моей *Небесной механики*. Тоже самое согласіе существуетъ относительно величинъ тѣхъ *максимумовъ* и *минимумовъ* и касательно измѣненій высотъ приливовъ, начиная отъ тѣхъ пунктовъ; такъ что природа, по истеченіи вѣка, нисколько не измѣнила самой себѣ. Упомянутый мною промежутокъ зависитъ отъ постоянныхъ заключенныхъ подъ знаками косинуса въ выраженіяхъ двухъ главныхъ приливовъ, происходящихъ отъ дѣйствій солнца и луны. Соотвѣтствующія постоянныя выраженія силъ видоизмѣняются побочными обстоятельствами отличнымъ образомъ. Въ моментъ сизигіи, лунный приливъ предшествуетъ солнечному и только полторы сутки спустя, лунный приливъ, опаздывая ежедневно предъ солнечнымъ, совпадетъ съ нимъ и произведетъ такимъ образомъ *максимумъ* приливовъ. Можно себѣ составить ясную идею опаздыванія высочайшихъ приливовъ предъ моментомъ сизигіи, вообразивъ въ плоскости меридіана каналъ, къ устью котораго высочайшій приливъ прибываетъ въ моментъ сизигіи и употребляетъ полторы сутки для того, чтобы дойти къ порту, находящемуся у конца

того канала. Подобнаго рода видоизмѣненіе имѣетъ мѣсто въ постоянныхъ умножающихъ косинусы, и изъ того происходитъ возрастаніе въ дѣйствіи свѣтилъ на море. Я предложилъ, въ IV книгѣ ***Небесной механики***, способъ узнавать это возрастаніе, которое я вывелъ въ $^1/_{10}$, по стариннымъ наблюденіямъ; но хотя наблюденія квадратурныхъ приливовъ согласовались въ этомъ отношеніи съ наблюденіями сизигійныхъ приливовъ, я сказалъ, что столь деликатный элементъ требовалъ гораздо большаго числа наблюденій. Вычисленія Бувара подтвердили существованіе сказаннаго возрастанія и весьма приблизительно дали ему величину $^1/_4$, для луны. Опредѣленіе этого отношенія нужно для вывода изъ наблюденій приливовъ истинныхъ отношеній дѣйствій солнца и луны, отъ которыхъ зависятъ явленія предваренія равноденствій и колебанія (нутаціи) земной оси. Исправляя дѣйствіе свѣтилъ на море, относительно возрастаній, зависящихъ отъ побочныхъ обстоятельствъ, находимъ въ шестидесятныхъ секундахъ:

для нутаціи 9″,4;

для луннаго уравненія солнечныхъ таблицъ 6″,8;

массу луны = $^1/_{75}$ земли.

Эти результаты весьма приблизительно равны тѣмъ, которыя выводятся изъ разсмотрѣнія астрономическихъ наблюденій. Согласіе величинъ, полученныхъ такими различными путями, весьма замѣчательно.

Дѣйствія солнца и луны на море и ихъ возрастанія опредѣлены сравненіемъ моихъ формулъ съ ***максимумами*** и ***минимумами*** наблюденныхъ высотъ приливовъ. Измѣненія высотъ приливовъ близъ этихъ точекъ составляютъ необходимое слѣдствіе тѣхъ дѣйствій; такъ что подставляя въ мои формулы величины упомянутыхъ дѣйствій, должно весьма приблизительно найти наблюденныя измѣненія. Это и въ самомъ дѣлѣ оказалось справедливымъ.

Такое согласіе служитъ сильнымъ подтвержденіемъ закона всемірнаго тяготѣнія. Этотъ законъ получаетъ еще новое подтвержденіе изъ наблюденій сизигійныхъ приливовъ около апогея и около перигея луны. Въ вышеупомянутомъ сочиненіи, я принималъ въ разсужденіе только разность высотъ приливовъ, въ тѣхъ двухъ положеніяхъ луны. Здѣсь же я разсматриваю еще измѣненіе тѣхъ высотъ, начиная отъ ихъ ***максимумовъ***; и въ обоихъ этихъ случаяхъ мои формулы представляютъ наблюденія.

Часы прилива и ихъ опаздываніе со дня на день представляютъ тѣже видоизмѣненія какъ и ихъ высоты. Буваръ составилъ таблицы оныхъ для приливовъ, употребленныхъ имъ при опредѣленіи высотъ. Въ нихъ очевидно выказывается вліяніе склоненій свѣтилъ и луннаго параллакса. Эти наблюденія, при сравненіи съ моими формулами, представляетъ тоже согласіе, какъ и наблюденія высотъ. Безъ сомнѣнія, опредѣляя приличнымъ образомъ постоянныя каждаго частнаго прилива, можно бы уничтожить небольшія несходства еще представляемыя упомянутыми сравненіями. Начало, помощію котораго я связалъ между собою тѣ различныя постоянныя, можетъ быть не въ строгости точно. Еще, можетъ быть, количества, которыя опускаются въ случаѣ принятія начала сосуществованія колебаній, становятся чувствительными въ большіе приливы. Я ограничился здѣсь однимъ упоминаніемъ этихъ легкихъ неравенствъ, съ цѣлію направить тѣхъ, которые захотятъ вновь заняться этими вычисленіями, когда наблюденія приливовъ продолжаемыя въ Брестѣ и хранящіяся въ обсерваторіи, сдѣлаются довольно многочисленными для удостовѣренія, что упомянутыя несходства не зависятъ отъ погрѣшностей наблюденій. Но, ранѣе измѣненія употребленныхъ мною началъ, должно подвинуть далѣе аналитическія приближенія.

Наконецъ, я разсмотрѣлъ приливъ, котораго періодъ составляетъ около сутокъ. Сравненіемъ разностей двухъ послѣдовательныхъ приливовъ и двухъ такихъ же отливовъ, въ большомъ числѣ солнцестоятельныхъ сизигій, я опредѣлилъ величину этого прилива и часъ его наибольшей величины въ Брестѣ. Величина мною найденная составляетъ очень приблизительно $\frac{1}{5}$ метра; а время, которымъ онъ, въ Брестѣ, предваряетъ часъ *максимума* полусуточнаго прилива, составляетъ около $\frac{1}{10}$ части сутокъ. Хотя его величина и не достигаетъ $\frac{1}{30}$ полусуточнаго прилива, однакожь силы раждающія оба эти прилива почти одинаковы; что показываетъ, какое различное вліяніе имѣютъ побочныя обстоятельства на величину приливовъ. Неудивительно, что даже въ томъ случаѣ, когда бы земная поверхность была правильною и совершенно покрытою моремъ, суточный приливъ исчезнулъ бы, если бы глубина моря была постоянною.

Побочныя обстоятельства могутъ еще уничтожить въ портѣ полусуточныя неравенства и сдѣлать весьма чувствительными неравенства суточныя. Тогда, если свѣтило на экваторѣ, ежесуточно исчезаетъ одинъ приливъ. Это было замѣчено въ Батшамѣ (Batsham), портѣ Тонкинскихъ владѣній и въ нѣкоторыхъ островахъ Южнаго моря.

Относительно сказанныхъ обстоятельствъ я замѣчу, что одни изъ нихъ распространяются на все море, относясь къ причинамъ весьма отдаленнымъ отъ порта, въ которомъ наблюдаются приливы. Напримѣръ, нельзя сомнѣваться, что волненія Атлантическаго океана и Южнаго моря, отряженныя, простирающимся отъ одного полюса къ другому, восточнымъ берегомъ Америки, имѣютъ большое вліяніе на приливы брестскаго порта. Отъ этихъ-то обстоятельствъ преимущественно зависятъ явленія почти одинаковыя во всѣхъ нашихъ портахъ. Таково, напримѣръ, кажется опаздываніе высочайшаго прилива противу момента сизигіи. Другія обстоятельства, ближайшія къ порту, какъ-то, сосѣдніе берега и проливы, производятъ разности, замѣчаемыя между высотами и часами приливовъ въ близкихъ по разстоянію портахъ. Отсюда слѣдуетъ, что частный приливъ не имѣетъ съ широтою порта отношенія указываемаго силою его производящею; потому что онъ зависитъ отъ приливовъ подобныхъ и соотвѣтствующихъ весьма отдаленнымъ широтамъ, находящимся иногда въ различныхъ полушаріяхъ. Слѣдовательно, знакъ и величина этого прилива могутъ быть опредѣлены только наблюденіемъ.

Явленія приливовъ, о которыхъ я сейчасъ говорилъ, зависитъ отъ членовъ развитія дѣйствія свѣтилъ, раздѣленныхъ на кубъ ихъ разстояній отъ земли, единственныхъ изъ принятыхъ до нынѣ въ соображеніе. Но луна достаточно близка къ землѣ, для того чтобы члены выражающіе ея дѣйствіе, раздѣленные на четвертую степень ея разстоянія, были чувствительны въ результатахъ большаго числа наблюденій; ибо, изъ теоріи вѣроятностей извѣстно, что число наблюденій вознаграждаетъ недостаточную ихъ точность и указываетъ неравенства гораздо меньшія, чѣмъ погрѣшности, которыя могутъ существовать въ каждомъ наблюденіи. Помощію этой теоріи можно даже опредѣлить число наблюденій, необходимыхъ для достиженія большой вѣроятности, что погрѣшность полученнаго результата заключается въ данныхъ предѣлахъ. Поэтому я полагалъ, что вліяніе членовъ дѣйствія луны, раздѣленныхъ на четвертую степень ея разстоянія отъ земли, можетъ обнаружиться въ совокупности многочисленныхъ наблюденій, разсмотрѣнныхъ Буваромъ. Приливы, соотвѣтствующіе членамъ, раздѣленнымъ на кубъ разстоянія, не даютъ никакихъ разностей между приливами

полнолуній и новолуній. Но тѣ изъ нихъ, которые имѣютъ дѣлителемъ четвертую степень разстоянія, показываютъ разность между сейчасъ упомянутыми приливами. Они производятъ приливъ, котораго періодъ около $^1/_3$ сутокъ. Наблюденія, разсмотрѣнныя съ этой точки зрѣнія, съ большою вѣроятностію указываютъ существованіе этого частнаго прилива. Безъ всякаго сомнѣнія, они доказываютъ еще, что для возвышенія моря въ Брестѣ, дѣйствіе луны сильнѣе, когда ея склоненіе бываетъ южное, чѣмъ когда оно бываетъ сѣверное; что можетъ только происходить отъ членовъ луннаго дѣйствія, раздѣленныхъ на четвертую степень разстоянія.

Изъ приведеннаго изложенія видно, что изслѣдованіе общихъ отношеній между явленіями приливовъ и дѣйствіями солнца и луны на море, замѣняетъ, къ счастію, невозможность интегрировать дифференціальныя уравненія этого движенія и неизвѣстность данныхъ, нужныхъ для опредѣленія произвольныхъ функцій, входящихъ въ ихъ интегралы. Отсюда вытекаетъ полная достовѣрность, что эти явленія имѣютъ единственною причиною притяженіе обоихъ свѣтилъ, сообразно законамъ всемірнаго тяготѣнія.

Если бы земля не имѣла спутника, орбита ея была кругообразна и находилась бы въ плоскости эклиптики, то, для узнанія дѣйствія солнца на океанъ, нужно бы только знать всегда постоянный часъ прилива и законъ, по которому послѣдній поднимается. Но дѣйствіе луны, совокупляясь съ дѣйствіемъ солнца, производятъ въ приливахъ измѣненія относительныя къ луннымъ фазисамъ, и согласіе которыхъ съ наблюденіями придаетъ большую вѣроятность теоріи тяготѣнія. Всѣ неравенства движенія, склоненія и разстоянія упомянутыхъ двухъ свѣтилъ рождаютъ множество явленій, узнанныхъ наблюденіями и подтверждающихъ несомнѣнность той теоріи. Такимъ образомъ измѣненія въ дѣйствіи причинъ указываютъ на ихъ существованіе. Дѣйствіе солнца и луны на океанъ, необходимое слѣдствіе всемірнаго тяготѣнія, доказаннаго всѣми небесными явленіями, прямо подтверждается явленіемъ приливовъ и не позволяетъ въ немъ сомнѣваться. Всемірное тяготѣніе доказано теперь такъ очевидно, что единогласно признается всѣми учеными, знающими вышеупомянутыя явленія и достаточно свѣдующими въ геометріи и механикѣ, чтобы понять ихъ отношенія къ закону тяжести. Длиннѣйшій рядъ наблюденій еще болѣе точныхъ чѣмъ сдѣланныя до нынѣ, исправитъ уже извѣстные элементы, опредѣлитъ величину тѣхъ, въ которыхъ еще существуетъ сомнѣніе, и разовьетъ явленія до нынѣ скрытыя погрѣшностями наблюденій.

Изученіе приливовъ интересно не менѣе изученія неравенствъ небесныхъ движеній. За ними долгое время не слѣдили съ должною точностію, по причинѣ неправильностей ими представляемыхъ; но эти неправильности исчезаютъ по мѣрѣ умноженія наблюденій. Ихъ число можетъ быть даже не очень значительнымъ для Бреста, котораго положеніе весьма выгодно для наблюденія подобныхъ явленій.

Мнѣ остается еще сказать о методѣ опредѣленія часа прилива въ произвольно избранный день. Въ этомъ отношеніи, каждый изъ нашихъ портовъ можетъ быть разсматриваемъ, какъ бы находящимся въ оконечности канала къ устью котораго частные приливы доходятъ въ самый моментъ прохожденія свѣтилъ чрезъ меридіанъ и употребляютъ полторы сутки для достиженія къ его оконечности, предположенной къ востоку отъ устья на извѣстное число часовъ: это число я называю *основнымъ часомъ порта* (heure fondamentale du port). Его легко можно вывести изъ прикладнаго часа, соображая, что послѣдній

есть часъ прилива совпадающаго съ сизигіею. Опаздываніе приливовъ, отъ однихъ сутокъ къ другимъ, составляетъ тогда 2705″; а для полуторыхъ сутокъ будетъ 3951″: это количество нужно прибавить къ прикладному часу, чтобы получить часъ основной. Теперь, если, къ часамъ приливовъ у устья, прибавить пятнадцать часовъ и основный часъ, то получатся соотвѣтственные приливы въ портѣ.

Такимъ образомъ задача приводится къ опредѣленію часовъ приливовъ въ мѣстѣ, котораго долгота извѣстна, предположивъ, что частные приливы случаются въ моментъ прохожденія свѣтилъ чрезъ меридіанъ. Анализъ даетъ на этотъ предметъ весьма простыя формулы, легко приводимыя въ таблицы.

Большіе приливы нерѣдко производили въ портахъ и на берегахъ бѣдствія, которыя бы можно было предупредить, если бы высота тѣхъ приливовъ была заранѣе обнародована. Вѣтры могутъ имѣть на эти явленія значительное вліяніе, котораго невозможно предвидѣть. Но можно съ точностію предсказать вліяніе солнца и луны, и этого, въ бо́льшей части случаевъ, достаточно для того, чтобы остеречься отъ случайностей, причиняемыхъ высокими приливами, когда напоръ вѣтра совокупляется съ дѣйствіемъ правильныхъ причинъ. Для того, чтобы приморскія страны могли воспользоваться упомянутымъ благодѣяніемъ науки, Бюро Долготъ ежегодно печатаетъ въ своихъ *эфемеридахъ* таблицу сизигійныхъ приливовъ, принявъ за единицу ихъ среднюю высоту въ равноденственныя сизигіи.

Я распространился преимущественно о морскихъ приливахъ и отливахъ потому, что изъ всѣхъ дѣйствій притяженій небесныхъ тѣлъ они къ намъ ближайшія и чувствительнѣйшія. Впрочемъ, мнѣ казалось весьма приличнымъ показать, какимъ образомъ, помощію большаго числа даже мало точныхъ наблюденій, можно узнать и опредѣлить законы и причины явленій, которыхъ аналитическія выраженія невозможно получить составленіемъ и интеграціею ихъ дифференціальныхъ уравненій. Таковы дѣйствія солнечной теплоты на атмосферу, въ произведеніи пассатныхъ вѣтровъ и муссоновъ, и въ суточныхъ или годичныхъ правильныхъ измѣненіяхъ барометра и термометра.

ГЛАВА ДВѢНАДЦАТАЯ.

О ПРОЧНОСТИ РАВНОВѢСІЯ МОРЕЙ.

Различныя неправильныя причины, какъ напримѣръ, вѣтры и землетрясенія волнуютъ море, поднимаютъ его на большія высоты и побуждаютъ иногда выступать изъ своихъ предѣловъ. Впрочемъ, наблюденіе показываетъ намъ, что море стремится прійти въ прежнее состояніе равновѣсія и что тренія и разнообразныя сопротивленія всякаго рода вскорѣ бы привели его въ сказанное состояніе, безъ дѣйствія солнца и луны. Это стремленіе составляетъ *остойчивое* или *прочное* равновѣсіе, о которомъ говорено въ третьей книгѣ.

Мы видѣли, что прочность равновѣсія системы тѣлъ можетъ быть безусловною (абсолютною), каково бы ни было небольшое разстройство ею претерпѣваемое: она можетъ быть только относительною и зависѣть отъ существа первоначальнаго потрясенія. Но къ какому виду причислить равновѣсія морей? Наблюденія не могутъ показать намъ этого съ полною достовѣрностію; ибо, хотя въ почти безконечномъ разнообразіи потрясеній океана

дѣйствіемъ неправильныхъ причинъ, онъ кажется всегда стремится къ состоянію равновѣсія; но можно опасаться, что необыкновенная причина вдругъ сообщитъ ему потрясеніе, которое, мало значительное въ началѣ, все болѣе и болѣе увеличится и подниметъ его надъ вершинами высочайшихъ горъ; чѣмъ можно бы объяснить нѣкоторыя естественно-историческія явленія. Поэтому, любопытно изслѣдовать условія, необходимыя для абсолютной прочности равновѣсія морей и разсмотрѣть — существуютъ ли эти условія въ природѣ?

Подвергнувъ этотъ предметъ анализу я убѣдился, что состояніе океана будетъ остойчиво, если плотность его менѣе средней плотности земли; что весьма вѣроятно, ибо естественно думать, что земные слои тѣмъ плотнѣе, чѣмъ ближе къ земному центру. Мы, впрочемъ, видѣли уже, что это доказано измѣреніями маятника и градусовъ меридіановъ и замѣченными притяженіями горъ. Поэтому, море находится въ состояніи прочнаго равновѣсія; и если оно (въ чемъ едва ли возможно сомнѣваться) покрывало нѣкогда материки, нынѣ высоко воздымающіеся надъ его уровнемъ, то причину этого должно искать отнюдь не въ недостаткѣ прочности его равновѣсія. Анализъ показалъ мнѣ еще, что упомянутое равновѣсіе прекратится, если средняя плотность океана сдѣлается болѣе средней плотности земли; такъ что прочность равновѣсія морей и избытокъ плотности земнаго шара надъ среднею плотностію морскихъ водъ его покрывающихъ, взаимно связаны одна съ другою.

ГЛАВА ТРИНАДЦАТАЯ.

О КОЛЕБАНІЯХЪ АТМОСФЕРЫ.

Для достиженія до океана, дѣйствіе солнца и луны проникаетъ сквозь атмосферу, которая, слѣдовательно, должна испытывать отъ того извѣстное вліяніе и подвергаться движеніямъ подобнымъ движенію морей. Отсюда происходятъ періодическія измѣненія высоты барометра и вѣтры, которыхъ направленіе и напряженіе періодичны. Эти вѣтры мало значительны и почти незамѣтны въ атмосферѣ впрочемъ весьма тревожной и колеблющейся. Величина барометрическихъ колебаній, даже на экваторѣ, гдѣ она наибольшая, не достигаетъ одного миллиметра.

Въ четвертой книгѣ *Небесной механики* я предложилъ теорію всѣхъ этихъ измѣненій и обратилъ на этотъ предметъ вниманіе наблюдателей. Кажется, всего приличнѣе наблюдать измѣненія высоты барометра на экваторѣ: тамъ они не только значительнѣе, но и измѣненія, происходящія отъ неправильныхъ причинъ, встрѣчаются тамъ въ самомъ наименьшемъ видѣ. Впрочемъ, такъ какъ побочныя обстоятельства значительно увеличиваютъ высоты приливовъ въ нашихъ портахъ, то они могутъ подобнымъ же образомъ увеличивать колебанія атмосферы и соотвѣтствующія измѣненія барометра. Поэтому, любопытно увѣриться въ томъ наблюденіями.

Атмосферный приливъ производится тремя слѣдующими причинами:

Первая есть прямое дѣйствіе солнца и луны на атмосферу.

Вторая есть періодическое возвышеніе и пониженіе океана, подвижнаго основанія атмосферы.

Третья, наконецъ, есть притяженіе атмосферной жидкости моремъ, котораго фигура измѣняется періодически.

Эти три причины происходятъ отъ однихъ и тѣхъ же притягательныхъ силъ солнца и луны. Они, подобно ихъ дѣйствіямъ, имѣютъ тѣже періоды какъ и эти силы, сообразно началу на которомъ я основалъ мою теорію приливовъ. И такъ, атмосферный приливъ подчиненъ тѣмъ же законамъ какъ и приливъ океаническій, и подобно послѣднему, состоитъ изъ соединенія двухъ частныхъ приливовъ, производимыхъ дѣйствіемъ солнца и луны. Періодъ солнечнаго атмосфернаго прилива равняется солнечнымъ полусуткамъ, а луннаго — луннымъ полусуткамъ. Въ Брестѣ, дѣйствіе луны на море втрое сильнѣе дѣйствія солнца; слѣдовательно, лунный атмосферный приливъ, по крайней мѣрѣ, вдвое болѣе солнечнаго. Эти соображенія должны руководить насъ въ выборѣ наблюденій способныхъ опредѣлить столь малыя количества, и въ способѣ ихъ совокупленія, дабы избѣжать сколько возможно вліяній причинъ производящихъ большія барометрическія измѣненія.

Въ теченіе нѣсколькихъ лѣтъ, наблюдаютъ ежедневно, на парижской обсерваторіи, высоты барометра и термометра, въ девять (шестидесятныхъ) часовъ утра, въ полдень, въ три часа пополудни и въ девять часовъ вечера. Эти наблюденія, дѣлаемыя одними и тѣми же инструментами и, почти всѣ, тѣмъ же самымъ наблюдателемъ, по ихъ многочисленности и точности способны показать атмосферный приливъ, если онъ замѣтенъ. Суточное измѣненіе барометра, въ результатахъ этихъ наблюденій, очевидно, и достаточно наблюденій одного мѣсяца для его обнаруженія. Избытокъ наибольшей изъ наблюденныхъ высотъ барометра, соотвѣтствующей девяти часамъ утра, надъ наименьшею, соотвѣтствующею тремъ часамъ вечера,

составляетъ въ Парижѣ $^{8}/_{10}$ миллиметра. Это средній результатъ ежедневныхъ наблюденій, произведенныхъ въ теченіе шести послѣдовательныхъ лѣтъ.

Такъ какъ высота барометра, происходящая отъ солнечнаго прилива, возвращается ежедневно одинаковою въ одинаковый часъ, то этотъ приливъ смѣшивается съ суточнымъ измѣненіемъ имъ видоизмѣняемымъ, и не можетъ быть отличенъ отъ послѣдняго помощію наблюденій парижской обсерваторіи. Другое видимъ въ барометрическихъ высотахъ, происходящихъ отъ луннаго прилива, которые соотвѣтствуя луннымъ часамъ, возвращаются въ одни и тѣже солнечные часы только по прошествіи полумѣсяца. Сейчасъ упомянутыя наблюденія, сравниваемыя по полумѣсячно, располагаются самымъ выгоднымъ образомъ для обозначенія луннаго прилива. Если, напримѣръ, *максимумъ* этого прилива случится въ девять часовъ утра для сизигіи, то *минимумъ* будетъ около трехъ часовъ вечера. Противное случится въ день квадратуры. Слѣдовательно, этотъ приливъ умножитъ суточное измѣненіе перваго изъ упомянутыхъ дней; онъ уменьшитъ суточное измѣненіе втораго; и разность этихъ измѣненій будетъ вдвое болѣе величины луннаго атмосфернаго прилива. Но такъ какъ *максимумъ* этого прилива не случается въ девять часовъ утра въ сизигіи, то для опредѣленія его величины и часа, нужно употребить барометрическія наблюденія девяти часовъ утра, полудня и трехъ часовъ вечера, дѣланныя ежедневно въ сизигіяхъ и квадратурахъ. Можно, равнымъ образомъ, употребить и наблюденія дней предшествующихъ упомянутымъ фазисамъ или слѣдующихъ за ними, на одинаковое число дней, и для опредѣленія столь деликатныхъ элементовъ, брать наблюденія цѣлаго года.

Здѣсь должно сдѣлать важное замѣчаніе, безъ котораго невозможно узнать столь малое количество, какъ лунный

приливъ, среди большихъ измѣненій барометра. Чѣмъ наблюденія ближе между собою, тѣмъ менѣе чувствительно вліяніе этихъ измѣненій: оно почти равно нулю въ результатѣ, выведенномъ изъ наблюденій одного и того же дня, въ короткій промежутокъ шести часовъ. Почти всегда барометръ измѣняется съ медленностію достаточною для того, чтобы не возмущать чувствительнымъ образомъ дѣйствія правильныхъ причинъ. Вотъ почему средній результатъ суточныхъ измѣненій каждаго года всегда весьма приблизительно одинаковъ, хотя и существуютъ разности въ нѣсколько миллиметровъ въ безусловныхъ барометрическихъ высотахъ различныхъ годовъ; такъ что, если бы сравнить среднюю высоту девяти часовъ утра одного года, съ среднею высотою трехъ часовъ вечера другаго года, то получилось бы суточное измѣненіе, часто весьма ошибочное и даже иногда съ знакомъ противуположнымъ истинному. Поэтому, для опредѣленія весьма малыхъ количествъ, нужно выводить ихъ изъ наблюденій одного дня, и брать среднюю изъ большаго числа такимъ образомъ полученныхъ величинъ. Слѣдовательно, невозможно опредѣлить лунный приливъ иначе, какъ системою наблюденій дѣлаемыхъ ежедневно, по крайней мѣрѣ въ три различныя эпохи, сообразно системѣ принятой на парижской обсерваторіи.

Буваръ извлекъ изъ своихъ реестровъ барометрическія наблюденія дней каждой сизигіи и каждой квадратуры, дня предшествующаго этимъ фазисамъ и перваго и втораго дня за нимъ слѣдующихъ. Эти наблюденія обнимаютъ восемь лѣтъ, протекшихъ съ 1 октября 1815 по 1 октября 1823 года. Я употребилъ наблюденія девяти часовъ утра, полудня и трехъ часовъ вечера: наблюденій девяти часовъ вечера я не принялъ въ соображеніе для того, чтобы по возможности уменьшить промежутки наблюденій.

Впрочемъ, наблюденія трехъ первыхъ изъ вышепоименованныхъ часовъ дѣланы были въ сказанные часы точнѣе, чѣмъ въ девять часовъ вечера: барометръ освѣщался дневнымъ свѣтомъ въ тѣ первые часы, почему тутъ исчезала всякая разность отъ различнаго способа освѣщенія.

Сравнивая съ моими формулами результаты упомянутыхъ многочисленныхъ наблюденій, соотвѣтствующихъ 1584 днямъ, я нашелъ, для величины луннаго атмосфернаго прилива, $^1/_{18}$ миллиметра, и $3^1/_3$ часа, для времени его *максимума* вечеромъ, въ день сизигіи.

Здѣсь, въ особенности, чувствуется необходимость употреблять весьма большое число наблюденій, совокуплять ихъ самымъ выгоднѣйшимъ образомъ и обладать методою для опредѣленія вѣроятности, что погрѣшность полученныхъ результатовъ заключается въ тѣсныхъ предѣлахъ. Безъ такой методы, мы рискуемъ представить законами природы дѣйствія неправильныхъ причинъ; что нерѣдко случалось въ метеорологіи. Я изложилъ такую методу въ моей «Аналитической теоріи вѣроятностей». Прилагая ее къ наблюденіямъ, я опредѣлилъ законъ аномалій суточнаго измѣненія барометра и узналъ что, безъ нѣкоторой невѣроятности, нельзя приписывать вышеупомянутыхъ результатовъ только однимъ этимъ аномаліямъ. Вѣроятно, что лунный атмосферный приливъ уменьшаетъ суточное измѣненіе въ сизигіяхъ и увеличиваетъ его въ квадратурахъ, но въ такихъ предѣлахъ, что этотъ приливъ не измѣняетъ высоты барометра на $^1/_{18}$ миллиметра, ни въ ту, ни въ другую сторону, что и доказываетъ какъ мало чувствительно въ Парижѣ вліяніе луны на атмосферу. Хотя мои результаты выведены изъ 4752 наблюденій, упомянутая метода показываетъ, что для усвоенія имъ достаточной вѣроятности и для полученія съ точностію столь малаго элемента каковъ лунный атмосферный приливъ, нужно употребить

по крайней мѣрѣ сорокъ тысячъ наблюденій. Одна изъ главнѣйшихъ выгодъ этой методы заключается въ томъ, что она показываетъ до какой степени нужно увеличивать число наблюденій, чтобы не оставалось никакого разумнаго сомнѣнія относительно результатовъ.

Изъ открытаго мною закона аномалій суточнаго измѣненія барометра слѣдуетъ, что существуетъ вѣроятность равная $\frac{1}{2}$ или 1 противъ 1, что суточное измѣненіе отъ 9 часовъ до 3 часовъ вечера будетъ постоянно положительное изъ средняго результата каждаго 30 дневнаго мѣсяца, въ теченіе 75 послѣдовательныхъ мѣсяцевъ. По моей просьбѣ, Буваръ изслѣдовалъ, случилось ли это для каждаго изъ 72 мѣсяцевъ шести годовъ, протекшихъ съ 1 января 1817 по 1 января 1823 года, изъ которыхъ онъ вывелъ среднее суточное измѣненіе, равное 0,801 миллиметра. Онъ нашелъ вѣроятнѣйшій результатъ, что среднее измѣненіе каждаго мѣсяца было всегда положительное.

Любопытно знать каково относительное вліяніе на лунный приливъ трехъ вышепоименованныхъ причинъ атмосфернаго прилива? Трудно отвѣчать на этотъ вопросъ. Впрочемъ, малая плотность моря сравнительно съ среднею плотностію земли, не позволяетъ приписать замѣтнаго дѣйствія періодическому измѣненію его фигуры. Вліяніе прямаго дѣйствія луны было бы нечувствительно въ нашихъ климатахъ, безъ участія побочныхъ обстоятельствъ. Эти обстоятельства имѣютъ дѣйствительно большое вліяніе на высоту приливовъ въ нашихъ портахъ; но такъ какъ атмосферная жидкость распространена вокругъ земли гораздо менѣе неправильно чѣмъ море, то ихъ вліяніе на атмосферный приливъ должно быть гораздо менѣе, чѣмъ на приливъ океаническій. Эти соображенія побуждаютъ меня считать періодическія возвышенія и пониженія моря главною причиною луннаго атмосфернаго прилива въ нашихъ климатахъ. Ежедневныя барометрическія наблюденія въ портахъ, гдѣ приливъ поднимается на большую высоту, пояснили бы этотъ любопытный метеорологическій вопросъ.

Мы замѣтимъ здѣсь, что притяженіе солнца и луны не производитъ никакого постояннаго движенія отъ востока къ западу, ни въ морѣ, ни въ атмосферѣ. Слѣдовательно, движеніе, наблюдаемое въ атмосферѣ тропиковъ и извѣстное подъ названіемъ пассатныхъ вѣтровъ, имѣетъ другую причину. Вѣроятнѣйшая есть слѣдующая:

Солнце, которое мы, для большей простоты, предположимъ въ плоскости экватора, теплотою своею разрѣжаетъ тамъ столбы воздуха и поднимаетъ ихъ надъ ихъ истиннымъ уровнемъ. Слѣдовательно, они должны падать по своему вѣсу и стремиться къ полюсамъ, въ верхней части атмосферы; но, въ тоже время, въ нижней ея части, новый холодный воздухъ долженъ стремиться отъ полюсовъ къ экватору, для замѣщенія утекающаго разрѣженнаго. Такимъ манеромъ образуются два противуположные воздушные тока: одинъ въ нижней, а другой въ верхней части атмосферы; а такъ какъ истинная скорость воздуха, зависящая отъ вращенія земли, бываетъ тѣмъ менѣе, чѣмъ она ближе къ полюсамъ, то, приближаясь къ экватору, полярный воздухъ долженъ обращаться медленнѣе чѣмъ соотвѣтствующія части земли; а тѣла, находящіяся на земной поверхности, должны ударять тотъ воздухъ избыткомъ ихъ скорости и претерпѣвать, чрезъ его противудѣйствіе, сопротивленіе противуположное ихъ вращательному движенію. Итакъ, для наблюдателя почитающаго себя неподвижнымъ, воздухъ кажется дующимъ въ направленіи противуположномъ вращенію земли, то есть отъ востока къ западу. Таково, въ дѣйствительности, направленіе пассатныхъ вѣтровъ.

Если сообразить всѣ причины, нарушающія равновѣсіе атмосферы, ея чрезвычайную подвижность, зависящую отъ ея жидкости и расширяемости, вліяніе холода и теплоты на ея упругость, огромное количество паровъ попеременно ею растворяемыхъ и осаждаемыхъ, и наконецъ, перемѣны производимыя вращеніемъ земли въ относительной скорости воздушныхъ частичекъ, вслѣдствіе одного только перемѣщенія ихъ по направленію меридіановъ; то нельзя удивляться разнообразію атмосферныхъ движеній, которыя всегда будетъ очень трудно подчинить извѣстнымъ законамъ.

ГЛАВА ЧЕТЫРНАДЦАТАЯ.

О ПРЕДВАРЕНІИ РАВНОДЕНСТВІЙ И КОЛЕБАНІИ ЗЕМНОЙ ОСИ(*).

Все связано въ природѣ и ея общіе законы совокупляютъ другъ съ другомъ явленія по видимому самыя разнородныя. Такъ, вращеніе земнаго сфероида на своей оси сжимаетъ его у полюсовъ и это сжатіе, совокупляясь съ дѣйствіемъ солнца и луны, рождаетъ предвареніе равноденствій, которое, до открытія всемірнаго тяготѣнія, казалось неимѣющимъ никакого отношенія къ суточному движенію земли.

Вообразимъ себѣ, что наша планета есть однородный сфероидъ, выпуклый на его экваторѣ: тогда можно разсматривать ее какъ бы составленною изъ шара, имѣющаго діаметръ равный полярной оси и изъ выпукло-во-

(*) Предвареніе равноденствій обыкновенно называется *прецессіею*, а колебаніе земной оси *нутаціею*. Мы будемъ здѣсь безразлично употреблять оба эти латинскіе и русскіе технические термина.

Прим. перев.

гнутаго слоя (мениска), покрывающаго тотъ шаръ, и имѣющаго наибольшую толщину на экваторѣ сфероида. Частички того мениска (*) могутъ быть разсматриваемы какъ маленькія луны, сцѣпившіяся между собою и совершающія свое обращеніе въ тоже самое время какъ и вращающаяся земля. Поэтому, узлы всѣхъ ихъ орбитъ должны отступать дѣйствіемъ солнца, какъ и узлы лунной орбиты; а изъ этихъ попятныхъ движеній, вслѣдствіе связи всѣхъ тѣхъ тѣлъ, должно составиться въ менискѣ движеніе, заставляющее отступать точки его отъ точки пересѣченія съ эклиптикою. Но упомянутый менискъ, будучи прикрѣпленъ къ шару имъ покрываемому, раздѣляетъ съ нимъ попятное движеніе, которое чрезъ то значительно замедляется. Слѣдовательно, пересѣченіе экватора съ эклиптикою, то есть, равноденствія должны отъ дѣйствія солнца получать попятное движеніе.

Постараемся углубиться въ законы и причину такого явленія.

Для этого, разсмотримъ дѣйствіе солнца на кольцо, находящееся въ плоскости экватора. Если вообразить себѣ массу этого свѣтила однообразно распредѣленною на окружности его орбиты, предположенной кругообразною, то очевидно, что дѣйствіе такой твердой орбиты представитъ среднее дѣйствіе солнца. Такъ какъ это дѣйствіе на каждую изъ точекъ орбиты, возвышающуюся надъ эклиптикою, разлагается на два — одно лежащее въ плоскости кольца, а другое перпендикулярное той плоскости — то очевидно, что слагающая этихъ послѣднихъ дѣйствій, относительныхъ ко всѣмъ тѣмъ точкамъ, будетъ перпендикулярна къ упомянутой плоскости и помѣстится на діаметрѣ кольца, перпендикулярномъ къ линіи его узловъ.

(*) Мы употребляемъ здѣсь иностранное слово *менискъ*, вмѣсто *выпукло-вогнутаго слоя*, для краткости рѣчи. *Прим. перев.*

дѣйствіе солнечной орбиты на часть кольца, находящуюся подъ эклиптикою, образуетъ, подобнымъ же образомъ, слагающую перпендикулярную къ плоскости кольца и находящуюся въ нижней части того же діаметра. Обѣ эти слагающія стремятся приблизить кольцо къ эклиптикѣ, заставляя его двигаться на линіи его узловъ: поэтому, наклоненіе его къ эклиптикѣ уменьшилось бы среднимъ дѣйствіемъ солнца, и узлы его были бы неподвижными, безъ вращательнаго движенія кольца, которое, какъ мы предположили выше, обращатеся въ одинаковое время съ землею. Но это движеніе сохраняетъ кольцу постоянное наклоненіе къ эклиптикѣ и измѣняетъ вліяніе дѣйствія солнца въ попятное движеніе узловъ: оно производитъ въ этихъ узлахъ варацію, которая бы безъ того находилась въ наклоненіи; и даетъ наклоненію постоянство, которое было бы въ узлахъ.

Чтобы понять причину такой странной перемѣны, заставимъ безконечно мало измѣняться положеніе кольца, такъ чтобы плоскости двухъ его положеній пересѣкались бы по діаметру перпендикулярному линіи узловъ. Въ концѣ котораго либо изъ моментовъ, можно разложить движеніе каждой изъ его точекъ на два: первое, долженствующее существовать одно въ слѣдующій моментъ, и второе, перпендикулярное къ плоскости кольца и долженствующее исчезнуть. Очевидно, что слагающая этихъ вторыхъ движеній, относительныхъ ко всѣмъ точкамъ верхней части кольца, будетъ перпендикулярна къ его плоскости и помѣстится на діаметрѣ, который мы разсматривали; что также имѣетъ мѣсто относительно нижней части кольца. Чтобы эта слагающая уничтожилась дѣйствіемъ солнечной орбиты и чтобы кольцо, вслѣдствіе этихъ силъ, было бы въ равновѣсіи около своего центра, нужно чтобы они были противуположны, и чтобы моменты ихъ въ отно-

шеніи къ этой точки были бы равны. Первое изъ этихъ условій требуетъ, чтобы предположенное въ кольцѣ измѣненіе положенія было бы попятное. Второе условіе опредѣляетъ количество этого измѣненія и, слѣдовательно, скорость попятнаго движенія его узловъ. Не трудно видѣть, что эта скорость пропорціональна массѣ солнца, раздѣленной на кубъ его разстоянія отъ земли и умноженной на косинусъ наклоненія эклиптики.

Такъ какъ плоскость кольца, въ двухъ послѣдовательныхъ положеніяхъ, пересѣкается по направленію діаметра перпендикулярнаго къ линіи узловъ, то изъ вышесказаннаго слѣдуетъ, что наклоненіе тѣхъ двухъ плоскостей къ эклиптикѣ постоянно. Слѣдовательно, наклоненіе кольца не измѣняется отъ средняго дѣйствія солнца.

Что мы сейчасъ видѣли относительно кольца, то самое анализъ доказываетъ относительно всякаго сфероида мало различнаго отъ шара. Среднее дѣйствіе солнца производитъ въ равноденствіяхъ движеніе пропорціональное массѣ дневнаго свѣтила, раздѣленной на кубъ его разстоянія и умноженной на косинусъ наклоненія эклиптики. Это движеніе попятно, если сфероидъ сжатъ у своихъ полюсовъ. Скорость зависитъ отъ сжатости сфероида; но наклоненіе экватора къ эклиптикѣ всегда остается неизмѣннымъ.

Подобнымъ же образомъ, дѣйствіе луны заставляетъ отступать узлы земнаго экватора на плоскости ея орбиты. Но положеніе этой плоскости и ея наклоненіе къ экватору безпрерывно измѣняется дѣйствіемъ солнца, и попятное движеніе узловъ экватора по лунной орбитѣ, производимое дѣйствіемъ луны, пропорціонально косинусу этого наклоненія: поэтому такое движеніе перемѣнчиво. Впрочемъ, предположивъ его однообразнымъ, оно измѣняло бы, согласно положенію лунной орбиты, попятное движеніе равноденствій и наклоненіе экватора къ эклип-

тикѣ. Достаточно весьма простаго вычисленія для показанія, что, изъ дѣйствія луны, совокупленнаго съ движеніемъ плоскости ея орбиты, выводится:

1-е. Среднее движеніе въ равноденствіяхъ, равное движенію, которое бы упомянутое свѣтило произвело, если бы оно двигалось по самой плоскости эклиптики.

2-е. Неравенство вычитаемое изъ того попятнаго движенія и пропорціональное синусу долготы восходящаго узла лунной орбиты.

3-е. Уменьшеніе въ наклоненіи эклиптики, пропорціональное косинусу того же угла.

Оба эти неравенства представляются разомъ, движеніемъ оконечности земной оси, продолженной до неба, по небольшому эллипсу, согласно законамъ изложеннымъ въ XII главѣ первой книги. Большая ось этого эллипса будетъ относиться къ его малой оси, какъ косинусъ наклоненія эклиптики относится къ косинусу того же наклоненія вдвойнѣ взятаго.

Изъ предыдущаго выводится причина предваренія равноденствій и колебанія земной оси; но строгое вычисленіе и сравненіе его результатовъ съ наблюденіями составляютъ пробный камень теоріи. Теорія тяжести обязана Даламберу выгодами подобной повѣрки относительно двухъ вышеприведенныхъ явленій. Этотъ великій геометръ первый, прекрасною методою, опредѣлилъ движенія земной оси, предположивъ въ слояхъ земнаго сфероида произвольную фигуру и плотность; и не только онъ нашелъ результаты соотвѣтственные наблюденіямъ, но еще показалъ истинные размѣры малаго эллипса, описываемаго земнымъ полюсомъ, въ отношеніи которыхъ наблюденія Брэдлея оставили еще нѣкоторыя сомнѣнія. Даламберовъ трактатъ «О предвареніи равноденствій», появившійся одинъ или два года спустя по открытіи Брэдлеемъ колебанія земной оси, столь же замѣчателенъ въ исторіи механики какъ и упомянутое брэдлеево открытіе въ исторіи астрономіи.

Вліянія свѣтила на движеніе земной оси и моря пропорціональны массѣ того свѣтила, раздѣленной на кубъ его разстоянія отъ земли. Такъ какъ колебанія этой оси происходятъ единственно отъ дѣйствія луны, тогда какъ среднее предвареніе равноденствій составляетъ результатъ соединенныхъ дѣйствій луны и солнца; то очевидно, что наблюденныя количества этихъ двухъ явленій должны дать отношеніе упомянутыхъ дѣйствій. Предположивъ, вмѣстѣ съ Брэдлеемъ, годовое предвареніе равноденствій $= 154'',4$ и полную нутацію $= 55'',6$, мы найдемъ, что дѣйствіе луны весьма приблизительно вдвое больше дѣйствія солнца. Но легкая разность въ величинѣ нутаціи производитъ весьма значительную въ отношеніи дѣйствій обоихъ свѣтилъ. Самыя точныя наблюденія даютъ $58'',02$ для величины нутаціи, откуда выводится $^1/_{75}$ для отношенія массы луны къ массѣ земли.

Явленія прецессіи и нутаціи проливаютъ новый свѣтъ на строеніе земнаго сфероида. Они даютъ предѣлъ сжатія земли, предположенной эллиптическою, и опредѣляютъ упомянутое сжатіе не свыше $\frac{1}{247,7}$, что согласно съ опытами надъ маятникомъ. Мы видѣли въ VII главѣ, что въ выраженіи радіуса земнаго сфероида существуютъ члены мало чувствительные сами по себѣ и относительно длины маятника, однакожъ весьма замѣтно отклоняющіе градусы меридіановъ отъ эллиптической фигуры. Эти члены совершенно исчезаютъ изъ величинъ прецессіи и нутаціи и поэтому эти явленія согласуются съ опытами надъ маятникомъ. Такимъ образомъ, существованіе сказанныхъ членовъ согласуетъ наблюденія луннаго парал-

лакса, маятника и градусовъ меридіановъ съ явленіями прецессіи и нутаціи.

Каковы бы ни были фигура и плотность предполагаемыя у различныхъ земныхъ слоевъ; будь или нѣтъ земля твердое тѣло вращенія: если только она мало разнится отъ шара, всегда можно означить эллиптическое твердое тѣло вращенія, съ которымъ прецессія и нутація будутъ тѣже самыя. Такъ, въ ипотезѣ Бугера, о которой мы говорили въ VII главѣ, и по которой возрастанія градусовъ пропорціональны четвертой степени синуса широты, упомянутыя явленія будутъ въ точности таковы, какъ бы въ томъ случаѣ, если бы земля была эллипсоидомъ съ эллиптичностью $= \frac{1}{183}$; а мы видѣли, что наблюденія не позволяютъ предположить здѣсь эллиптичности болѣе $\frac{1}{247,7}$. Такимъ образомъ, эти наблюденія, вмѣстѣ съ наблюденіями маятника, совокупляются для отверженія сказанной ипотезы.

Мы выше предположили, что земля совершенно тверда; но такъ какъ эта планета покрыта въ большей части своей поверхности моремъ, то дѣйствіе сего послѣдняго по видимому можетъ измѣнять явленія прецессіи и нутаціи. Посмотримъ въ какой степени это справедливо.

Морскія воды, вслѣдствіе ихъ жидкости, уступаютъ притяженіямъ солнца и луны. Съ перваго взгляда казалось бы, что ихъ противудѣйствіе не должно имѣть вліянія на движенія земной оси; и самъ Даламберъ, со всѣми прочими геометрами, занимавшимися послѣ него этими движеніями, совершенно выпускалъ его изъ соображенія. Они даже взяли это исходнымъ пунктомъ для соглашенія наблюденныхъ количествъ прецессіи и нутаціи съ измѣненіями земныхъ градусовъ. Впрочемъ, болѣе глубокое разсмотрѣніе предмета показало, что жидкость водъ не

составляетъ достаточной причины для выпущенія изъ соображенія ихъ дѣйствія на предвареніе равноденствій; ибо, если съ одной стороны, они повинуются дѣйствію солнца и луны, то съ другой стороны, тяжесть безпрерывно приводитъ ихъ къ состоянію равновѣсія и позволяетъ имъ только весьма малыя колебанія. Поэтому, возможно, что своимъ притяженіемъ и давленіемъ на покрываемый ими сфероидъ, они, хотя частію, возвращаютъ земной оси движенія, которыя бы она получила отъ нихъ, если бы они отвердѣли. Впрочемъ, можно весьма простымъ разсужденіемъ убѣдиться, что ихъ противудѣйствіе того же порядка какъ и прямое дѣйствіе солнца и луны на твердую часть земли.

Вообразимъ, что эта планета однородна и имѣетъ одинаковую съ моремъ плотность. Предположимъ еще, что воды принимаютъ въ каждый моментъ фигуру приличную равновѣсію силъ ихъ побуждающихъ. Если бы, въ этихъ ипотезахъ, вся земля сдѣлалась вдругъ жидкою, она сохранила бы туже самую фигуру, и всѣ ея части взаимно бы уравновѣсились. Тогда бы ось вращенія не имѣла никакого стремленія къ движенію; и очевидно, это должно существовать и въ томъ случаѣ, когда часть этой массы отвердѣвая образовала бы сфероидъ покрываемый моремъ. Вышеприведенныя ипотезы служатъ основаніемъ для Ньютоновыхъ теорій о видѣ земли и о морскомъ приливѣ и отливѣ. Весьма замѣчательно, что изъ безконечнаго числа ипотезъ, которыя можно составить по этому предмету, великій британскій геометръ избралъ только двѣ не дающія ни прецессіи, ни нутаціи; ибо тогда реакція водъ разрушаетъ вліяніе дѣйствія солнца и луны на земное ядро, какова бы ни была его фигура. Правда, что обѣ эти ипотезы, и въ особенности послѣдняя, не согласуются съ природою, но мы видимъ *à priori*, что дѣйствіе

реакціи водъ, хотя и различное отъ имѣющаго мѣсто въ Ньютоновыхъ ипотезахъ, все-таки принадлежитъ къ тому же порядку.

Изысканія мои надъ колебаніями моря дали мнѣ средство опредѣлить это дѣйствіе реакціи водъ въ истинныхъ ипотезахъ природы. Они привели меня къ замѣчательной теоремѣ:

«Каковы бы ни были—законъ глубины моря и фигура сфероида имъ покрываемаго, явленія прецессіи и нутаціи будутъ тѣже самыя, какъ если бы море составляло одну твердую массу съ упомянутымъ сфероидомъ».

Если бы солнце и луна одни дѣйствовали на землю, то среднее наклоненіе эклиптики къ экватору было бы постоянно. Но мы видѣли, что дѣйствіе планетъ безпрерывно измѣняетъ положеніе земной орбиты, изъ чего происходитъ въ ея наклоненіи къ экватору уменьшеніе, подтвержденное всѣми древними и новыми наблюденіями. Таже самая причина даетъ равноденствіямъ годичное прямое движеніе $= 0'',9659$; такъ что годичная прецессія производимая дѣйствіемъ солнца и луны уменьшается на упомянутое количество дѣйствіемъ планетъ; а безъ этого дѣйствія, она была бы равна $155'',5927$. Эти результаты планетныхъ дѣйствій независимы отъ сжатости земнаго сфероида; но дѣйствіе солнца и луны на этотъ сфероидъ должно видоизмѣнить какъ ихъ самихъ, такъ и ихъ законы.

Отнесемъ къ постоянной плоскости положеніе орбиты земли и движеніе ея оси вращенія. Ясно, что дѣйствіе солнца произведетъ въ этой оси, вслѣдствіе измѣненій эклиптики, колебательное движеніе подобное нутаціи, съ тою только разницею, что такъ какъ періодъ этихъ измѣненій несравненно длиннѣе чѣмъ періодъ измѣненій плоскости лунной орбиты, то величина соотвѣтствующаго колебанія въ земной оси будетъ гораздо больше, чѣмъ колебаніе нутаціи.

Дѣйствіе луны производитъ въ той же самой оси подобное же колебаніе, потому что среднее наклоненіе ея орбиты къ земной орбитѣ постоянно. Перемѣщеніе эклиптики, совокупляясь съ дѣйствіемъ солнца и луны на землю, производитъ въ ея наклоненіи къ экватору измѣненіе весьма различное отъ того, которое бы существовало вслѣдствіе одного этого перемѣщенія. Полная величина этого измѣненія, вслѣдствіе упомянутаго перемѣщенія, была бы около двѣнадцати градусовъ; а дѣйствіе солнца и луны уменьшаютъ его приблизительно до трехъ градусовъ.

Измѣненіе движенія равноденствій, произведенное тѣми же причинами, измѣняетъ длину тропическаго года въ различные вѣки. Эта длина уменьшается, когда упомянутое движеніе увеличивается, что и существуетъ въ настоящее время; а настоящій годъ короче года временъ Иппарха около $13''$. Но это измѣненіе длины года имѣетъ свои предѣлы, ограниченные еще дѣйствіемъ солнца и луны на земной сфероидъ. Величина этихъ предѣловъ была бы около $500''$, однимъ перемѣщеніемъ эклиптики; но она уменьшится до $120''$ вышеупомянутымъ дѣйствіемъ.

Наконецъ, самыя сутки, такъ какъ мы ихъ опредѣлили въ первой книгѣ, подвержены, чрезъ перемѣщеніе эклиптики, соединенное съ дѣйствіемъ солнца и луны, весьма малымъ измѣненіемъ указываемымъ теоріею, но всегда остающимся нечувствительными для наблюдателей. По этой теоріи, вращеніе земли равномѣрно и средняя длина сутокъ можетъ быть предположена постоянною: результатъ весьма важный для астрономіи, потому что эта длина служитъ мѣриломъ времени и обращеній небесныхъ тѣлъ. Если бы она измѣнилась, то это обнаружилось бы въ продолжительности тѣхъ обращеній, которыя пропорціонально увеличились бы или уменьшились; но дѣйствіе

небесныхъ тѣлъ не причиняетъ тутъ никакого замѣтнаго измѣненія.

Однакожъ, можно бы думать, что пассатные вѣтры, постоянно дующіе между тропиками отъ востока къ западу, уменьшаютъ скорость вращенія земли, своимъ дѣйствіемъ на материки и горы. Невозможно подвергнуть этого дѣйствія анализу: но, къ счастію, можно доказать, что это вліяніе на вращеніе земли равно нулю, помощію начала сохраненія площадей, изложеннаго нами въ третьей книгѣ. По этому началу, сумма всѣхъ частичекъ земли морей и атмосферы, взаимно умноженныхъ на площади описываемыя вокругъ центра тяжести земли ихъ радіусами векторами, проложенными на плоскости экватора, постоянна въ равное время. Теплота солнца не производитъ тутъ никакой перемѣны, потому что она расширяетъ тѣла одинаково по всѣмъ направленіямъ. Очевидно, что если бы вращеніе земли уменьшилось, упомянутая сумма была бы менѣе; слѣдовательно, пассатные вѣтры, произведенные солнечною теплотою, не измѣняютъ упомянутаго вращенія. Тоже разсужденіе доказываетъ намъ, что морскія теченія также не должны производить тутъ никакихъ замѣтныхъ перемѣнъ. Для произведенія чувствительной перемѣны необходимо значительное перемѣщеніе въ частяхъ земнаго сфероида. Такъ, большая масса перенесенная отъ полюсовъ къ экватору, сдѣлала бы ту длину продолжительнѣе. Она сдѣлалась бы короче, если бы плотныя тѣла приблизились къ центру или къ оси земли. Но мы не видимъ никакой причины, которая бы могла перемѣстить на большія разстоянія массы достаточно значительныя, чтобы отъ этого произошло замѣтное измѣненіе въ длинѣ сутокъ, которую все заставляетъ насъ считать за одинъ изъ постояннѣйшихъ элементовъ системы міра. Тоже самое должно сказать о точкахъ, въ которыхъ ось вращенія земли проходитъ сквозь ея поверхность. Если бы эта планета вращалась послѣдовательно около различныхъ діаметровъ образующихъ между собою значительные углы, то экваторъ и полюсы перемѣняли бы свое мѣсто на землѣ, и моря, стремясь къ новому экватору, покрывали бы и открывали попеременно высокія горы. Но всѣ мои изысканія надъ перемѣщеніемъ полюсовъ вращенія на поверхности земли показали мнѣ, что оно нечувствительно.

ГЛАВА ПЯТНАДЦАТАЯ.

О КОЛЕБАНІИ (ЛИБРАЦІИ) ЛУНЫ (*).

Намъ остается наконецъ объяснить причину либраціи луны и движеніе узловъ ея экватора. Луна, вслѣдствіе ея вращательнаго движенія, немного приплюснута у ея полюсовъ; но притяженіе земли должно было удлиннить ея ось направленную къ нашей планетѣ. Если бы луна была однородное и жидкое тѣло, то, для состоянія равновѣсія, она приняла бы форму эллипсоида, котораго малая ось проходила бы сквозь полюсы вращенія: большая ось была бы направлена къ землѣ и находилась бы въ плоскости луннаго экватора; а средняя ось, въ той же самой плоскости была бы перпендикулярна къ двумъ вышепоименованнымъ. Избытокъ наибольшей оси надъ наименьшею былъ бы вчетверо болѣе избытка оси средней надъ малою и равнялся бы приблизительно $\frac{1}{27640}$, взявъ малую ось за единицу.

(*) Мы и здѣсь будемъ безразлично называть это явленіе то *либраціею*, то *колебаніемъ*. *Прим. перев.*

Легко понять, что если большая ось луны нѣсколько уклоняется отъ направленія радіуса вектора, соединяющаго ея центръ съ земнымъ, то земное притяженіе стремится привести ее на этотъ радіусъ, точно также, какъ тяжесть приводитъ маятникъ къ отвѣсному положенію. Если бы вращательное движеніе нашего спутника было первоначально достаточно быстрое для побѣжденія этого стремленія, то время его вращенія не было въ точности равно времени его обращенія и разность этихъ временъ открывала бы намъ послѣдовательно всѣ точки лунной поверхности. Но такъ какъ, въ началѣ, угловыя движенія вращенія и обращенія луны были мало различны между собою, то сила съ которою большая ось луны удалялась отъ своего радіуса вектора не была достаточною для преодолѣнія стремленія этой оси къ сказанному радіусу, происходящаго отъ земной тяжести, которая, такимъ образомъ, сдѣлала упомянутыя движенія строго равными между собою. Точно какъ маятникъ, отклоненный отъ отвѣснаго положенія весьма малою силою, возвращается къ нему безпрерывно дѣлая съ обѣихъ сторонъ малыя качанія, также большая ось луннаго сфероида должна колебаться по обѣимъ сторонамъ средняго радіуса вектора лунной орбиты. Отсюда происходитъ качательное движеніе (либрація), котораго величина зависитъ отъ первоначальной разности между угловыми движеніями вращенія и обращенія луны. Это качаніе весьма незначительно, потому что наблюденія его не обнаружили.

Мы видимъ, что теорія тяжести удовлетворительно объясняетъ строгое равенство среднихъ угловыхъ движеній вращенія и обращенія луны. Совершенно невѣроятно предположить, что, въ началѣ вещей, оба упомянутыя движенія были въ точности равны между собою; но, для объясненія этого явленія, достаточно чтобы ихъ первоначальная разность была очень мала: тогда притяженіе земли произведетъ совершенное равенство, которое мы и наблюдаемъ.

Такъ какъ среднее движеніе луны подвержено большимъ вѣковымъ неравенствамъ, достигающимъ нѣсколькихъ окружностей, то ясно, что если бы среднее лунное движеніе вращенія было совершенно равномѣрно, этотъ спутникъ, вслѣдствіе упомянутыхъ неравенствъ, послѣдовательно открывалъ бы землѣ всѣ точки своей поверхности; его видимый дискъ измѣнялся бы нечувствительными оттѣнками, по мѣрѣ развитія тѣхъ неравенствъ: одни и тѣже наблюдатели видѣли бы его всегда весьма приблизительно одинаковымъ и онъ разнился бы чувствительнымъ образомъ только для наблюдателей, раздѣленныхъ промежуткомъ въ нѣсколько вѣковъ. Но причина, установившая совершенное равенство между средними движеніями вращенія и обращенія луны, навсегда лишаетъ земныхъ обитателей надежды открыть части поверхности нашего спутника, противуположныя полушарію къ намъ обращенному. Притяженіе земли, безпрерывно приводя къ намъ большую ось луны, заставляетъ ея вращательное движеніе участвовать въ вѣковыхъ неравенствахъ ея движенія обращенія и постоянно направляетъ къ землѣ одно и тоже полушаріе. Таже теорія должна быть распространена на всѣхъ спутниковъ, въ которыхъ замѣчено равенство временъ ихъ вращенія на оси и обращенія вокругъ центральной планеты.

Странное явленіе совпаденія узловъ экватора луны съ узлами ея орбиты, есть также слѣдствіе земнаго притяженія. Первый показалъ это Лагранжъ, прекраснымъ анализомъ, который привелъ его къ полному объясненію всѣхъ движеній замѣченныхъ въ лунномъ сфероидѣ. Плоскости экватора и орбиты луны и плоскость проведенная

чрезъ ея центръ параллельно эклиптикѣ, имѣютъ всегда весьма приблизительно одно пересѣченіе. Я дознаvъ, что вѣковыя движенія эклиптики не измѣняютъ ни совпаденія узловъ этихъ трехъ плоскостей, ни ихъ средняго наклоненія, которое вслѣдствіе притяженія земли остается всегда одинаковымъ.

Замѣтимъ здѣсь, что вышесказанныя явленія не могутъ существовать при ипотезѣ, по которой луна первоначально жидкая и составленная изъ слоевъ произвольной плотности, приняла фигуру приличную для ея равновѣсія: они указываютъ между осями луннаго сфероида бо̀льшія разности чѣмъ сказанная ипотеза. Высокія горы наблюдаемыя на лунной поверхности имѣютъ, безъ сомнѣнія, весьма замѣтное вліяніе на эти явленія, вліяніе тѣмъ большее, что сжатость луны весьма мала и масса ея не очень значительна.

Когда природа подчиняетъ среднія небесныя движенія опредѣленнымъ условіямъ, то они всегда сопровождаются колебаніями, которыхъ величина произвольна. Такъ, равенство среднихъ движеній вращенія и обращенія луны сопровождается дѣйствительнымъ колебаніемъ (либраціею) этого спутника. Точно также, совпаденіе среднихъ узловъ экватора и орбиты луны сопровождается колебаніемъ узловъ того экватора вокругъ узловъ орбиты, колебаніемъ столь малымъ, что оно до сихъ поръ ускользало отъ наблюденій. Мы видѣли, что дѣйствительная либрація большой оси луны нечувствительна и замѣтили въ VI главѣ, что либрація трехъ первыхъ спутниковъ Юпитера подобнымъ же образомъ нечувствительна. Весьма замѣчательно, что эти либраціи, которыхъ величина произвольна и могла бы быть значительною, являются однакожь весьма малыми; что можно приписать тѣмъ же причинамъ, которыя, въ началѣ вещей, установили условія отъ которыхъ оно зависитъ. Но относительно произвольныхъ, входящихъ въ первоначальное вращательное движеніе небесныхъ тѣлъ, естественно думать, что, безъ постороннихъ притяженій, всѣ ихъ части, вслѣдствіе треній и сопротивленій представляемыхъ ими ихъ взаимнымъ движеніямъ, приняли бы съ теченіемъ времени постоянное состояніе равновѣсія, которое можетъ существовать не иначе какъ вмѣстѣ съ равномѣрнымъ вращательнымъ движеніемъ, около неизмѣнной оси; такъ что наблюденія должны представлять въ этомъ движеніи только одни неравенства происходящія отъ тѣхъ притяженій. Это существуетъ относительно земли, какъ убѣдились наиточнѣйшими наблюденіями. Тотъ же результатъ распространяется на луну и вѣроятно на всѣ небесныя тѣла.

Если луна встрѣчалась съ кометами (что, по теоріи вѣроятностей, должно было случиться въ теченіе огромнаго числа вѣковъ), массы послѣднихъ свѣтилъ должны были быть до крайности малы; потому что толчекъ кометы составляющей не болѣе $\frac{1}{100000}$ части земли былъ бы достаточенъ для сдѣланія чувствительною дѣйствительной либраціи нашего спутника, которая однакожь ускользаетъ отъ наблюденій. Это соображеніе, въ соединеніи съ представленными въ IV главѣ, должно успокоить астрономовъ, которые могли бы опасаться, что элементы ихъ таблицъ измѣнятся отъ дѣйствія кометъ.

Равенство вращательнаго и обращательнаго движеній луны доставляетъ астроному, намѣревающемуся описывать ея поверхность, всеобщій меридіанъ указанный самою природою и легко находимый во всѣ времена. Такою выгодою не пользуются географы при описаніи земли. Упомянутый меридіанъ проходитъ чрезъ полюсы луны и чрезъ оконечность ея большой оси, всегда весьма приблизительно

обращенной къ намъ. Хотя эта оконечность не отличается никакимъ пятномъ или особымъ знакомъ, но ея положеніе можетъ быть обозначено въ каждое данное мгновеніе помощію соображенія, что она совпадаетъ съ линіею среднихъ узловъ лунной орбиты, когда эта линія сама совпадаетъ съ среднимъ мѣстомъ луны. Такимъ путемъ положеніе главныхъ мѣстностей (пятенъ) лунной поверхности опредѣлено съ тою же точностію, какъ и положеніе многихъ замѣчательныхъ мѣстъ на землѣ.

ГЛАВА ШЕСТНАДЦАТАЯ.

О СОБСТВЕННЫХЪ ДВИЖЕНІЯХЪ ЗВѢЗДЪ.

Разсмотрѣвъ движенія тѣлъ солнечной системы, намъ остается еще заняться движеніями звѣздъ, которыя, вслѣдствіе всемірнаго тяготѣнія, всѣ должны взаимно притягиваться и описывать безмѣрно-огромныя орбиты. Наблюденія уже успѣли показать эти великія движенія, которыя вѣроятно частію представляютъ одни кажущіяся явленія, происходящія отъ движенія перемѣщенія солнечной системы, которое, по законамъ оптики, мы переносимъ на звѣзды, въ противномъ направленіи. Если взять большое число звѣздныхъ движеній, то такъ какъ дѣйствительныя ихъ движенія совершаются по разнообразнымъ направленіямъ, они должны исчезнуть въ выраженіи движенія солнца, выведеннаго изъ совокупности наблюденныхъ собственныхъ движеній звѣздъ. Такимъ образомъ дознали, что вся солнечная система несется къ созвѣздію Геркулеса, съ скоростію по крайней мѣрѣ равною скорости движенія земли по ея орбитѣ. Весьма точныя и многочисленныя наблюденія, раздѣленныя промежуткомъ одного или двухъ вѣковъ, опредѣлятъ съ точностію этотъ важный вопросъ системы міра (ММ).

Сверхъ этихъ великихъ движеній солнца и звѣздъ, замѣчены еще особенныя движенія въ двойныхъ звѣздахъ. Этимъ именемъ называютъ звѣзды чрезвычайно близкія между собою, которыя кажется составляютъ одну звѣзду, даже будучи разсматриваемы чрезъ слабо увеличивающія зрительныя трубы. Ихъ кажущаяся взаимная близость можетъ зависѣть отъ положенія ихъ по направленію одного и того же луча зрѣнія. Но такое ихъ положеніе служитъ уже признакомъ ихъ дѣйствительной близости, и если притомъ они имѣютъ значительныя собственныя движенія, мало разнящіяся по прямому восхожденію и склоненію, то становится чрезвычайно вѣроятнымъ, что онѣ составляютъ систему двухъ весьма близкихъ одно къ другому тѣлъ, и что малыя разности ихъ собственныхъ движеній происходятъ отъ ихъ обращательнаго движенія вокругъ общаго центра тяжести; безъ чего одновременное существованіе трехъ условій — видимой близости двухъ звѣздъ и почти совершеннаго равенства ихъ движеній по прямому восхожденію и по склоненію—было бы совершенно невѣроятно (НН). Звѣзда 61-я Лебедя и ея спутникъ замѣчательнымъ образомъ соединяютъ эти три условія. Промежутокъ ихъ раздѣляющій составляетъ только 6″; ихъ собственныя годичныя движенія, со временъ Брэдлея до нашего времени, составляли 15″,75 и 16″,03 по прямому восхожденію, и 10″,24 и 9″,56 по склоненію; слѣдовательно, чрезвычайно вѣроятно, что упомянутыя двѣ звѣзды весьма близки одна отъ другой и что онѣ обращаются вокругъ общаго ихъ центра тяжести въ періодъ нѣсколькихъ вѣковъ (ОО).

Многія другія звѣзды представляютъ подобныя же результаты. Если успѣютъ опредѣлить параллаксъ нѣкото-

рыхъ изъ этихъ звѣздъ, то, изъ временъ ихъ обращеній одной вокругъ другой, получится сумма ихъ массъ, отнесенная къ массѣ солнца.

Зрѣлище неба представляетъ намъ еще нѣсколько группъ блестящихъ звѣздъ сжатыхъ на маломъ пространствѣ. Такова, напримѣръ, группа Плеядъ. Подобное расположеніе съ большою вѣроятностію указываетъ, что звѣзды каждой изъ такихъ группъ весьма близки между собою, сравнительно съ пространствами отдѣляющими ихъ отъ остальныхъ звѣздъ (т. е. не принадлежащихъ къ ихъ группѣ), и что онѣ совершаютъ, вокругъ общаго ихъ центра тяготѣнія, движенія, которыя обнаружатся съ теченіемъ вѣковъ.

ГЛАВА СЕМНАДЦАТАЯ.

РАЗМЫШЛЕНІЯ О ЗАКОНѢ ВСЕМІРНАГО ТЯГОТѢНІЯ.

Разсматривая совокупность явленій солнечной системы, можно распредѣлить ихъ на слѣдующіе три класса:

Первый обнимаетъ движенія центровъ тяжести небесныхъ тѣлъ вокругъ фокусовъ главныхъ силъ ихъ побуждающихъ.

Второй заключаетъ въ себѣ все относящееся къ фигурѣ небесныхъ тѣлъ и къ колебаніямъ жидкостей ихъ покрывающихъ.

Третій классъ имѣетъ предметомъ движенія небесныхъ тѣлъ вокругъ ихъ центровъ тяжести.

Въ этомъ порядкѣ мы объяснили всѣ вышеупомянутыя явленія и показали, что они составляютъ необходимое слѣдствіе начала всемірнаго тяготѣнія. Это начало указало множество неравенствъ, которыя почти невозможно бы было отыскать въ наблюденіяхъ. Оно доставило также средство подчинить небесныя движенія вѣрнымъ и точнымъ правиламъ. Астрономическія таблицы, основанныя единственно на законѣ тяжести, заимствуютъ теперь у наблюденій только произвольные элементы, до познанія которыхъ невозможно дойти другимъ путемъ; а усовершенствованія тѣхъ таблицъ нельзя надѣяться иначе какъ отъ совокупнаго преуспѣянія наблюденій и теоріи.

Движеніе земли, столь увлекательное для астрономовъ по простотѣ, съ которою оно объясняетъ небесныя явленія, получило отъ начала тяготѣнія новое подтвержденіе, поставившее его на самую высшую степень очевидности, возможную для физическихъ наукъ. Можно увеличить вѣроятность теоріи, или уменьшая число ипотезъ на которыхъ она основывается, или увеличивая число явленій ею объясняемыхъ. Оба эти преимущества истекаютъ, для теоріи движенія земли, изъ начала всемірнаго тяготѣнія. Такъ какъ это движеніе есть необходимое слѣдствіе упомянутаго начала, то оно не прибавляетъ къ теоріи никакого новаго предположенія. Но, для объясненія движенія свѣтилъ, Коперникъ приписывалъ землѣ три различныхъ движенія: *одно* вокругъ солнца; *другое* вращательное вокругъ самой себя; наконецъ (*третье*) движеніе земныхъ полюсовъ вокругъ полюсовъ эклиптики. Начало тяготѣнія приводитъ ихъ всѣхъ въ зависимость отъ одного движенія, сообщеннаго землѣ по направленію не проходящему чрезъ центръ ея тяжести. Вслѣдствіе этого движенія, земля обращается вокругъ солнца и вокругъ самой себя и приняла фигуру сплюснутую у полюсовъ; дѣйствіе же солнца и луны на эту фигуру заставляетъ ось земли медленно обращаться вокругъ полюсовъ эклиптики.

Открытіе начала всемірнаго тяготѣнія привело, такимъ

образомъ, къ наименѣе возможному числу тѣ предположенія на которомъ Коперникъ основывалъ свою теорію. Оно представляетъ еще одно преимущество, связывая упомянутую теорію со всѣми астрономическими явленіями. Эллиптичность планетныхъ орбитъ, законы движенія планетъ и кометъ вокругъ солнца, ихъ вѣковыя и періодическія неравенства, многочисленныя неравенства луны и спутниковъ Юпитера, предвареніе равноденствій, колебаніе земной оси, движенія оси луны и наконецъ приливы и отливы морей, были бы, безъ упомянутой теоріи, только отдѣльными другъ отъ друга результатами наблюденія. По истинѣ достоинъ удивленія способъ которымъ всѣ эти явленія, съ перваго взгляда столь разнородныя, изливаются изъ одного общаго закона, связывающаго ихъ съ движеніемъ земли, такъ что, допустивъ однажды это движеніе, мы приходимъ къ этимъ явленіемъ рядомъ геометрическихъ сужденій. Каждое изъ упомянутыхъ явленій доставляетъ, такимъ образомъ, новое доказательство существованія сказаннаго начала, и если принять въ соображеніе, что въ настоящее время нѣтъ ни одного изъ тѣхъ явленій, которое бы не приводилось къ закону тяготѣнія и что этотъ законъ опредѣляетъ съ величайшею точностію положеніе и движенія небесныхъ тѣлъ, въ каждый моментъ и на всемъ протяженіи ихъ пути, то нечего опасаться возможности опроверженія его какимъ либо по нынѣ незамѣченнымъ явленіемъ. Наконецъ, Уранъ и его спутники и четыре новооткрытыя малыя планеты повинуются ему и его подтверждаютъ (*). Невозможно про-

(*) Прибавимъ, что такое подтвержденіе закона всемірнаго тяготѣнія и притомъ подтвержденіе самое блистательное дано въ наше время открытіемъ Нептуна. Точно также повинуются этому закону и подтверждаютъ его всѣ новооткрытыя малыя планеты или астероиды, которыхъ въ наше время извѣстно болѣе пятидесяти.

Прим. переводч.

тивиться совокупности всѣхъ этихъ доказательствъ и не согласиться, что въ естественной философіи нѣтъ предмета доказаннаго убѣдительнѣе чѣмъ движеніе земли и начало всемірнаго притяженія, прямо пропорціональнаго массамъ и обратно квадрату разстояній.

Чрезвычайная трудность задачъ, относящихся къ системѣ міра, заставляетъ прибѣгать къ приближеніямъ, при которыхъ всегда должно опасаться, что отброшенныя количества могутъ имѣть чувствительное вліяніе на ихъ результаты. Когда наблюденіе указывало астрономамъ на такое вліяніе, то они всегда вновь обращались къ анализу и всегда находили причину замѣченныхъ аномалій, опредѣляли ихъ законы и часто предупреждали наблюденіе, открывая неравенства, которыхъ оно еще не успѣло указать. Мы уже видѣли, что теоріи луны, Сатурна, Юпитера и его спутниковъ представляютъ множество примѣровъ этого рода. Такимъ образомъ, можно сказать, что самая природа содѣйствовала совершенству астрономическихъ теорій, основанныхъ на началѣ всемірнаго тяготѣнія; а это, по мнѣнію моему, есть одно изъ самыхъ сильныхъ доказательствъ истины этого удивительнаго начала.

Но это начало составляетъ ли первоначальный законъ природы, или оно есть только общее дѣйствіе неизвѣстной причины?

Въ отвѣтѣ на эти вопросы останавливаетъ насъ полное незнаніе существенныхъ свойствъ матеріи, лишающее всякой надежды на возможность подобнаго отвѣта. Вмѣсто придумыванія ипотезъ по этому предмету, ограничимся ближайшимъ разсмотрѣніемъ способа употребленія начала тяжести геометрами.

Геометры приняли исходными пунктами слѣдующія пять предположеній.

1-е. Тяготѣніе имѣетъ мѣсто между самомалѣйшими частичками тѣлъ.

2-е. Оно прямо пропорціонально массамъ.

3-е. Оно обратно пропорціонально квадрату разстояній.

4-е. Оно распространяется и передается мгновенно отъ одного тѣла къ другому.

5-е. Наконецъ, оно одинаково дѣйствуетъ на тѣла, находящіеся въ покоѣ, и на тѣ, которыя, двигаясь по его направленію, казалось бы могли ускользать отъ его дѣйствія.

Первое изъ этихъ предположеній, какъ мы уже видѣли, есть необходимый результатъ равенства, существующаго между дѣйствіемъ и противудѣйствіемъ. Всякая частичка земли должна притягивать цѣлую землю точно также какъ и сама ею притягивается. Это предположеніе подтверждается впрочемъ измѣреніями маятника и градусовъ меридіановъ, ибо между неправильностями, которыя по видимому указываются въ фигурѣ земли измѣренными градусами, можно отыскать, если смѣю такъ выразиться, черты фигуры правильной и соотвѣтствующей теоріи. Два неравенства луннаго движенія, по долготѣ и по широтѣ, происходящія отъ эллиптичности земли, доказываютъ еще, что ея притяженіе составляется изъ притяженій всѣхъ ея частичекъ. Наконецъ, тоже самое доказано и для Юпитера, большимъ вліяніемъ его сжатости на движенія узловъ и періовіевъ его спутниковъ.

Пропорціональность притягательной силы массамъ доказана на землѣ опытами надъ маятникомъ, котораго качанія совершаются строго въ одинаковыя времена изъ какого бы вещества ни былъ сдѣланъ маятникъ. Въ небесныхъ пространствахъ, упомянутая пропорціональность доказывается постояннымъ отношеніемъ квадратовъ временъ обращающихся тѣлъ, кружащихъ около общаго центра, къ кубамъ большихъ осей ихъ орбитъ. Дѣйствіе тяжести не возмущается причинами, которыя, не измѣняя массы системы тѣлъ, могутъ значительно видоизмѣнить ея внутреннее устройство. Такъ, кипѣніе, развитіе газовъ, электричество, теплота и соединенія производимыя смѣшеніемъ различныхъ тѣлъ заключенныхъ въ закрытомъ сосудѣ, не измѣняютъ его вѣса, ни раньше смѣшенія, ни послѣ его совершенія. Подобнымъ образомъ замѣтили, что стальная полоса, послѣ сильнаго намагничиванія, сохраняетъ свой первоначальный вѣсъ. Равенство дѣйствія противудѣйствію и аналогія или навѣдѣніе доказываютъ намъ, что подобныя явленія, развиваясь въ землѣ и во всѣхъ небесныхъ тѣлахъ, видоизмѣняютъ ихъ притягательную силу только измѣненіями производимыми въ положеніи частичекъ около центра тяжести тѣхъ тѣлъ, измѣненіями, дѣйствія которыхъ становятся нечувствительными на большихъ разстояніяхъ.

Мы видѣли, въ первой главѣ, съ какою точностію почти безусловный покой перигеліевъ планетныхъ орбитъ указываетъ на законъ тяжести обратно пропорціональный квадрату разстояній Нынѣ, когда намъ извѣстна причина небольшихъ движеній этихъ перигеліевъ, мы должны считать этотъ законъ совершенно строгимъ. Онъ тожественъ для всѣхъ истеченій исходящихъ изъ какого либо центра, какъ, напримѣръ, для свѣта. Кажется, даже, что всѣ силы, которыхъ дѣйствіе замѣчается на чувствительныхъ разстояніяхъ, слѣдуютъ этому закону. Еще недавно открыли, что электрическія и магнитныя притяженія и оттолкновенія уменьшаются въ отношеніи квадрата разстояній, такъ что всѣ эти силы ослабѣваютъ распростираясь, только потому что онѣ разливаются подобно свѣту; а ихъ количества остаются притомъ всегда одинаковыми на различныхъ сферическихъ поверхностяхъ, кото-

рыя можно вообразить вокругъ ихъ фокусовъ или источниковъ.

Замѣчательное свойство этого закона природы состоитъ въ томъ что, если бы размѣры всѣхъ тѣлъ во вселенной, ихъ взаимныя разстоянія и ихъ скорости, вдругъ уменьшились бы или увеличились пропорціонально, то они описывали бы кривыя, совершенно подобныя тѣмъ, которыя они теперь описываютъ и ихъ видимыя явленія остались бы тѣже самыя; ибо силы ихъ побуждающія, будучи результатомъ притяженій пропорціональныхъ массамъ раздѣленнымъ на квадратъ разстояній, уменьшились бы или увеличились пропорціонально размѣрамъ новой вселенной.

Такимъ образомъ, кажущіяся движенія міра независимы отъ его безусловныхъ размѣровъ, точно также какъ и отъ безусловнаго движенія, которое міръ можетъ имѣть въ пространствѣ: а мы можемъ наблюдать и познавать одни только отношенія. Этотъ законъ даетъ шарамъ свойство взаимно притягиваться, какъ будто бы ихъ массы были соединены въ ихъ центрахъ. Онъ ограничиваетъ также орбиты и фигуры небесныхъ тѣлъ линіями и поверхностями втораго порядка; по крайней мѣрѣ, если не обращать вниманія на ихъ пертурбаціи и предположить упомянутыя тѣла жидкими.

Мы не имѣемъ никакого средства для измѣренія времени распространенія тяжести, потому что, послѣ того какъ притяженіе солнца однажды достигнуло планетъ, упомянутое свѣтило продолжаетъ дѣйствовать на нихъ какъ будто бы притягательная сила сообщалась мгновенно къ предѣламъ планетной системы. Поэтому, мы не можемъ узнать въ сколько времени тяготѣніе передается землѣ; точно также, безъ затмѣній юпитеровыхъ спутниковъ и

безъ аберраціи, было бы невозможно узнать послѣдовательнаго движенія свѣта.

Нѣсколько другое видимъ касательно небольшой разности могущей существовать въ дѣйствіи тяжести на тѣла, по направленію и величинѣ ихъ скорости. Вычисленіе показало мнѣ, что отъ этого происходитъ ускореніе въ среднихъ движеніяхъ планетъ вокругъ солнца и спутниковъ вокругъ ихъ планетъ. Я придумалъ было этотъ способъ объясненія вѣковаго уравненія луны, когда, вмѣстѣ со всѣми другими геометрами, думалъ, что оно необъяснимо въ ипотезахъ, допущенныхъ относительно дѣйствія тяжести. Я нашелъ, что если оно происходитъ отъ этой причины, то, для совершеннаго уничтоженія луннаго притяженія къ землѣ, должно было предположить въ лунѣ скорость къ центру этой планеты по крайней мѣрѣ въ семь милліоновъ разъ большую скорости свѣта. Такъ какъ истинная причина вѣковаго уравненія луны нынѣ хорошо извѣстна, то мы увѣрены, что дѣйствіе тяжести еще гораздо больше. Поэтому, мы можемъ разсматривать скорость дѣйствія силы притяженія какъ безконечно великую, и должны изъ того заключить, что притяженіе солнца распространится до крайнихъ предѣловъ его системы въ почти недѣлимый моментъ.

Мы незнаемъ, существуютъ ли между небесными тѣлами другія силы, кромѣ ихъ взаимнаго притяженія; по крайней мѣрѣ, мы можемъ утверждать, что дѣйствіе ихъ нечувствительно. Мы также можемъ быть увѣрены, что всѣ упомянутыя тѣла претерпѣваютъ до сихъ поръ нечувствительное сопротивленіе отъ жидкостей среди которыхъ они проходятъ, какъ-то отъ свѣта, кометныхъ хвостовъ и зодіакальнаго свѣта. Масса солнца должна безпрерывно уменьшаться чрезъ постоянно продолжающееся истеченіе его лучей. Но, по причинѣ крайней тонкости свѣта, или

потому что это свѣтило вознаграждаетъ свою потерю неизвѣстными понынѣ для насъ средствами, достовѣрно, что въ теченіе двухъ тысячъ лѣтъ вещество составляющее солнце не уменьшилось на $\frac{1}{2000000}$ (*).

Природа представляетъ намъ, въ электрическихъ и магнитныхъ явленіяхъ, отталкивающія силы слѣдующія тому же закону какъ и всемірное тяготѣніе. Куломбъ весьма деликатными опытами показалъ, что точки одаренныя двумя однородными электричествами отталкиваются обратно пропорціонально квадрату разстоянія, а при разнородныхъ электричествахъ притягиваются по тому же закону. Разсматривая противуположныя электричества какъ двѣ различныя жидкости, совершенно подвижныя въ проводящихъ тѣлахъ и удерживаемыя поверхностями тѣлъ непроводящихъ; предположивъ притомъ что частички одной и той же жидкости взаимно отталкиваются и притягиваютъ частички другой жидкости, по закону небесныхъ притяженій; можно приложить къ нимъ формулы относящіяся къ этимъ притяженіямъ. Такимъ образомъ, я доказалъ что электрическая жидкость въ проводящемъ тѣлѣ должна, для равновѣсія, устремиться вполнѣ къ поверхности, гдѣ образуется чрезвычайно тонкій слой, удерживаемый воздухомъ его окружающимъ. Его отталкивающая сила въ его внутренности равна нулю; но на его внѣшней поверхности, она въ каждой точкѣ пропорціональна толщинѣ слоя. Давленіе, претерпѣваемое какою либо изъ внѣшнихъ ея точекъ, вслѣдствіе котораго она стремится удалиться, всегда пропорціонально квадрату той толщины. Въ произвольномъ эллипсоидѣ, обѣ поверхности слоя — внѣшняя и внутренняя — подобны одна другой и концентричны съ

(*) Такой выводъ сдѣланъ Лапласомъ на основаніи теоріи истеченія свѣта, ложность которой нынѣ совершенно доказана.

Прим. переводч.

поверхностію эллипсоида. Если послѣдній есть эллипсоидъ вращенія и удлиненъ, то стремленіе жидкости къ удаленію на полюсахъ относится къ таковому же стремленію на экваторѣ, какъ квадратъ большой оси относится къ квадрату малой оси. Это даетъ математическое объясненіе способности которою природа одарила остроконечія или острія тѣлъ.

Но распредѣленіе электрическихъ жидкостей на тѣлѣ произвольной фигуры или на нѣсколькихъ тѣлахъ находящихся въ присутствіи одно другаго, представляетъ задачу крайней трудности, могущую дать поводъ къ весьма любопытнымъ аналитическимъ изысканіямъ; ибо рѣшеніе этихъ трудныхъ вопросовъ послужитъ одновременно къ усовершенствованію физики и анализа. Уже Пуассонъ, весьма остроумнымъ анализомъ, успѣлъ опредѣлить законъ, по которому электричество распространяется на поверхности двухъ шаровъ находящихся одинъ въ присутствіи другаго. Согласіе этихъ результатовъ съ наблюденіями Куломба подтверждаетъ истину начала служащаго имъ основаніемъ. Впрочемъ, должно разсматривать всѣ эти силы, какъ математическіе концепты, служащіе для подверженія ихъ вычисленію, а не такъ какъ свойства присущія электрическимъ частичкамъ. Возможно, что они представляютъ слагающія другихъ силъ, подобныхъ сродствамъ, которыя чувствительны сами собою не иначе какъ только на разстояніи чрезвычайно близкомъ отъ прикосновенія; но которыхъ дѣйствіе, помощію промежуточныхъ или посредственныхъ жидкостей, передается на чувствительныя разстоянія, въ обратномъ отношеніи квадратовъ этихъ разстояній. Въ слѣдующей главѣ, притяженія малыхъ тѣлъ, плавающихъ на поверхности жидкостей, доставятъ намъ замѣчательный примѣръ такихъ передачъ.

ГЛАВА ВОСЬМНАДЦАТАЯ.

О ЧАСТИЧНОМЪ (МОЛЕКУЛЯРНОМЪ) ПРИТЯЖЕНИИ (*).

Притяженіе исчезаетъ между тѣлами малой величины; но оно вновь проявляется въ ихъ элементахъ подъ безконечнымъ числомъ формъ. Твердость, кристаллизація, преломленіе свѣта, возвышеніе и пониженіе жидкостей въ волосныхъ пространствахъ и вообще всѣ химическія соединенія представляютъ результаты силъ, познаніе которыхъ составляетъ одинъ изъ главныхъ предметовъ изученія природы. Матерія подвержена власти различныхъ притягательныхъ силъ. Одна изъ нихъ, безгранично распространяясь въ пространствѣ, управляетъ движеніями земли и небесныхъ тѣлъ; все же что относится къ внутреннему строенію веществъ ихъ образующихъ зависитъ преимущественно отъ другихъ силъ, которыхъ дѣйствіе чувствительно только на незамѣтныхъ разстояніяхъ. По этой причинѣ, почти невозможно узнать законы ихъ измѣненія вмѣстѣ съ пространствомъ. Къ счастію, способность ихъ дѣлаться чувствительными только на разстояніи чрезвычайно близкомъ отъ прикосновенія дозволяетъ подвергнуть анализу множество любопытныхъ явленій отъ нихъ зависящихъ. Я представлю здѣсь вкратцѣ главнѣйшіе результаты этого анализа и тѣмъ дополню математическую теорію всѣхъ притягательныхъ силъ природы.

Мы видѣли въ первой книгѣ, что свѣтлый лучъ, переходя изъ пустоты въ прозрачную средину, склоняется такъ что синусъ паденія имѣетъ къ синусу преломленія постоянное отношеніе. Этотъ основный законъ діоптрики есть результатъ дѣйствія средины на свѣтъ, предполагая

(*) Мы будемъ употреблять выраженія *частичное* и *молекулярное* притяженіе, какъ однозначущія. *Прим. перев*

что это дѣйствіе чувствительно только на неопредѣлимо малыхъ разстояніяхъ.

Вообразимъ себѣ, въ самомъ дѣлѣ, средину ограниченную плоскою поверхностію: очевидно что частичка свѣта, прежде прохожденія чрезъ средину, притягивается одинаковымъ образомъ со всѣхъ сторонъ перпендикуляра къ той поверхности; потому что, на чувствительномъ разстояніи отъ частички, существуетъ со всѣхъ сторонъ одинаковое число притягивающихъ частичекъ; слѣдовательно, слагающая ихъ дѣйствій направлена по тому перпендикуляру. Проникнувъ въ средину, частичка свѣта продолжаетъ притягиваться по перпендикуляру къ поверхности; и если вообразить средину раздѣленною на слои параллельные къ той поверхности и безконечно малой толщины, то мы увидимъ, что притяженіе верхнихъ слоевъ къ притягиваемой частичкѣ, разрушаясь притяженіемъ равнаго числа нижнихъ слоевъ, частичка свѣта будетъ притягиваться совершенно такъ какъ она притягивалась на томъ же разстояніи отъ поверхности, прежде прохожденія чрезъ нее. Слѣдовательно, притяженіе ею претерпѣваемое нечувствительно, когда она чувствительно проникла въ прозрачную средину и движеніе ея становится тогда равномѣрнымъ и прямолинейнымъ.

Теперь, изъ начала сохраненія живыхъ силъ, изложеннаго въ третьей книгѣ, слѣдуетъ, что квадратъ первоначальной скорости частичекъ свѣта, разложенной перпендикулярно къ поверхности средины, увеличивается на количество постоянно одинаковое, какова бы ни была та скорость. Параллельно той поверхности, скорость не видоизмѣняется дѣйствіемъ средины. Увеличеніе квадрата полной скорости и, слѣдовательно, этой самой скорости, будутъ независимы отъ первоначальнаго направленія свѣтоваго луча. А такъ какъ отношеніе скорости параллельной

къ поверхности, къ скорости первоначальной, составляетъ синусъ паденія; а отношеніе его къ скорости въ срединѣ есть синусъ преломленія; то эти два синуса взаимно относятся какъ скорости свѣта прежде и послѣ вступленія его въ средину: слѣдовательно, они находятся въ постоянномъ отношеніи. Разность ихъ квадратовъ, раздѣленная на квадратъ синуса преломленія и умноженная на квадратъ скорости свѣта въ пустотѣ, выражаетъ дѣйствіе средины на лучъ. Раздѣляя ее на удѣльную плотность той средины, получимъ ея *преломляющую способность*.

Кривая поверхность, ограничивающая прозрачную средину, можетъ быть смѣшиваема съ плоскостію касательною къ точкѣ въ которой лучъ проходитъ сквозь нее, потому что дѣйствіе тѣлъ на свѣтъ будучи чувствительно только на незамѣтныхъ разстояніяхъ, можно откинуть дѣйствіе мениска, заключающагося между плоскостію касательною и поверхностію; слѣдовательно, мы получимъ направленіе луча въ срединѣ, возвышая перпендикуляръ къ той поверхности въ точкѣ, гдѣ ее встрѣчаетъ лучъ, и принимая синусы паденія и преломленія, въ томъ же отношеніи какъ будто бы поверхность была плоская.

Проходя изъ одной средины въ другую, свѣтъ преломляется, такъ что синусы паденія и преломленія находятся въ постоянномъ отношеніи; но тогда преломленіе происходитъ только отъ разности дѣйствій имъ претерпѣваемыхъ отъ тѣхъ срединъ. Когда лучъ проходитъ сквозь нѣсколько прозрачныхъ срединъ, ограниченныхъ плоскими и параллельными поверхностями, его скорость, въ каждой срединѣ, равна и параллельна скорости, которую бы онъ принялъ, если бы онъ проникнулъ непосредственно изъ пустоты въ ту средину. Вообще, какимъ бы образомъ ни проникалъ свѣтовой лучъ изъ пустоты въ прозразную средину, скорость его всегда одинакова.

Ипотеза дѣйствія замѣтнаго на чувствительныхъ разстояніяхъ дозволяетъ распространить эти результаты на безконечно малые слои прозрачной средины имѣющей измѣняющуюся плотность.

Помощію этихъ началъ, которыми мы обязаны Ньютону, всѣ явленія движенія свѣта сквозь произвольное число прозрачныхъ срединъ и въ атмосферѣ, были подвержены строгому вычисленію. Эти явленія не опредѣляютъ закона притяженія свѣта тѣлами: они подвергаютъ его только условію незамѣтности на чувствительныхъ разстояніяхъ.

Прозрачная средина дѣйствуетъ различнымъ образомъ на лучи разныхъ цвѣтовъ. Вслѣдствіе этой разности, лучъ бѣлаго цвѣта, проходя сквозь прозрачную призму, разлагается на безконечное число цвѣтовъ. Неравенство скоростей, которое можно предположить для различныхъ лучей, недостаточно для объясненія явленій замѣчаемыхъ въ разсѣяніи свѣта; ибо тогда, это разсѣяніе было бы одинаково для всѣхъ срединъ одинаково преломляющихъ средніе лучи; что противно опыту, который одинъ въ состояніи его опредѣлить.

Изъ такихъ разностей въ разсѣяніи свѣта при прохожденіи сквозь чечевицы изъ различныхъ видовъ стекла, извлекли значительную выгоду, для уничтоженія цвѣтовъ окружающихъ предметы разсматриваемые чрезъ обыкновенныя зрительныя трубы, и этимъ значительно усовершенствовали упомянутые столь полезные для астрономіи снаряды.

Вышеприведенные законы движенія свѣта измѣняются въ прозрачныхъ кристалахъ и свѣтъ представляетъ въ нихъ странное явленіе впервые замѣченное въ *исландскомъ шпатѣ*. Свѣтовой лучъ падающій перпендикулярно на боковую плоскость естественнаго ромбоида этого кристала, раздѣляется на два пучка, изъ которыхъ одинъ проходитъ сквозь кристалъ, не измѣняя своего направленія; а другой

уклоняется отъ этого направленія въ плоскость параллельную къ плоскости проведенной перпендикулярно боку, чрезъ линію соединяющую два тѣлесные тупые угла того ромбоида, и которая, слѣдовательно, одинаково наклонена къ сторонамъ этихъ угловъ. Эту линію называютъ *осью кристала*; а *главнымъ сѣченіемъ* естественной и искуственной боковой плоскости называютъ плоскость проведенную чрезъ ту ось, перпендикулярно къ боку и къ всякой плоскости ему параллельной.

Раздѣленіе свѣтоваго луча имѣетъ мѣсто относительно произвольнаго паденія; одна часть слѣдуетъ закону обыкновеннаго преломленія; другая — закону открытому Гюйгенсомъ и который, будучи разсматриваемъ какъ результатъ опыта, можетъ быть поставленъ на ряду съ самыми блестящими открытіями этого рѣдкаго генія. Онъ былъ приведенъ къ нему тѣмъ остроумнымъ способомъ которымъ онъ разсматривалъ распространіе свѣта, который онъ представлялъ себѣ образующимся изъ волненій эѳирной жидкости. Онъ предполагалъ, въ прозрачныхъ некристаллическихъ срединахъ, скорость этихъ волненій менѣе чѣмъ въ пустотѣ и одинаковую по всѣмъ направленіямъ. Но, въ исландскомъ шпатѣ, онъ воображаетъ себѣ волненія двухъ видовъ. Скорость перваго представлялась, какъ въ не кристалическихъ срединахъ, радіусами шара центръ котораго находился бы въ точкѣ паденія свѣтоваго луча на боковую плоскость кристала; скорость же втораго вида была перемѣнная и представлялась радіусами эллипсоида вращенія, сжатаго у полюсовъ, имѣющаго одинаковый центръ съ предыдущимъ вышеупомянутымъ шаромъ, и котораго ось вращенія параллельна оси кристала. Гюйгенсъ не обозначилъ причины этого вида волненій, и странныя явленія представляемыя свѣтомъ при прохожденія изъ одного кри-

стала въ другой (о которыхъ мы будемъ говорить ниже) неизъяснимы въ его ипотезѣ.

Все вышесказанное, въ соединеніи съ трудностями представляемыми теоріею свѣтовыхъ волнъ, было причиною по которой Ньютонъ и большая часть послѣдовавшихъ за нимъ геометровъ не по достоинству оцѣнили законъ связанный Гюйгенсомъ съ его теоріею. Такимъ образомъ, этотъ законъ испыталъ ту же участь какъ и прекрасные законы Кеплера, такъ долго непризнанные, по причинѣ совокупленія ихъ съ систематическими идеями, которыми, къ несчастію, наполнены всѣ творенія этого великаго человѣка. Впрочемъ, Гюйгенсъ повѣрилъ свой законъ множествомъ наблюденій. Отличный физикъ Уольстонъ или Волластонъ *) сдѣлавъ, весьма остроумнымъ способомъ, различные опыты надъ двойнымъ лучепреломленіемъ исландскаго шпата, нашелъ ихъ соотвѣтствующими упомянутому замѣчательному закону. Наконецъ, Малюсъ **) совершилъ, по этому предмету, рядъ многочисленныхъ и весьма точныхъ опытовъ надъ естественными и искуственными плоскостями кристала исландскаго шпата, и постоянно замѣчалъ совершенное согласіе между своими наблюденіями и закономъ Гюйгенса. Слѣдовательно, нельзя колебаться въ признаніи его однимъ изъ самыхъ несомнѣнныхъ и прекрасныхъ результатовъ физики.

Прямые опыты показали Малюсу, что упомянутый законъ распространяется и на горный хрусталь.

Обратимся теперь къ явленію представляемому свѣтомъ послѣ двойнаго преломленія луча.

Если помѣстить подъ кристаломъ, на произвольномъ разстояніи, второй кристалъ, того же или различнаго вещества, и расположенный такъ, чтобы главныя сѣченія

(*) Wollaston.
(**) Malus.

противоположныхъ боковыхъ плоскостей обоихъ кристаловъ были бы параллельны, то лучъ преломленный какъ обыкновеннымъ такъ и необыкновеннымъ путемъ первымъ кристаломъ, преломится точно также и вторымъ. Но если поворотить одинъ изъ кристаловъ такъ, чтобы главныя сѣченія были перпендикулярны между собою, то лучъ преломленный обыкновенно первымъ кристаломъ, преломится необыкновенно вторымъ, и обратно. Въ промежуточныхъ положеніяхъ, каждый лучъ выходящій изъ перваго кристала раздѣлится, при своемъ вступленіи во второй кристалъ, на два пучка, которыхъ взаимныя напряженія относятся, повидимому, какъ квадраты синусовъ и косинусовъ угла составляемаго между собою двумя главными сѣченіями. Когда замѣтили Гюйгенсу это явленіе въ исландскомъ шпатѣ, онъ откровенно и съ скромностію характеризующею искренняго друга истины, сознался что оно необъяснимо въ его ипотезахъ. Изъ этого видно, какъ необходимо отдѣлить ихъ отъ закона преломленія изъ нихъ выведеннаго. Это явленіе, съ очевидностію показываетъ, что свѣтъ, проходя сквозь кристалы съ двойнымъ лучепреломленіемъ, получаетъ два различныя видоизмѣненія, вслѣдствіе которыхъ одна часть свѣта преломляется *обыкновеннымъ*, а другая *необыкновеннымъ* образомъ. Но эти видоизмѣненія не безусловны: они относительны къ положенію луча къ оси кристала, потому что лучъ преломленный обыкновенно преломляется необыкновенно другимъ кристаломъ, если главныя сѣченія противуположныхъ плоскостей обоихъ кристаловъ перпендикулярны между собою.

По этому было бы весьма любопытно отнести законъ Гюйгенса къ притягательнымъ и отталкивающимъ силамъ отъ частички къ частичкѣ, какъ Ньютонъ сдѣлалъ это относительно обыкновеннаго преломленія; потому что на

этой грани геометръ останавливается и не пытается проникнуть далѣе, до причинъ этихъ силъ. Но для рѣшенія такой задачи, необходимо знать форму частичекъ кристализованныхъ срединъ и частичекъ свѣта и видоизмѣненія испытываемыя имъ при проникновеніи въ тѣ средины. Незнаніе всѣхъ этихъ данныхъ позволяетъ только примѣнить къ необыкновенному преломленію и отраженію общіе результаты дѣйствія этихъ силъ. Такое приложеніе привело меня къ новой теоріи этого рода явленій, теоріи, согласіе которой съ опытами не оставляетъ никакого сомнѣнія, что они зависятъ отъ притягательныхъ и отталкивающихъ силъ отъ частички къ частичкѣ.

Одно изъ наиболѣе общихъ началъ дѣйствія этихъ силъ, есть начало живыхъ силъ, по которому возрастаніе квадрата скорости частички свѣта, чувствительно проникнувшей въ прозрачную средину, постоянно одинаково для опредѣленнаго направленія, каковъ бы ни былъ, впрочемъ, способъ которымъ она проникла въ ту средину. Это возрастаніе выражаетъ, какъ мы видѣли, дѣйствіе средины на свѣтъ, и его выраженіе должно быть гораздо проще чѣмъ выраженіе закона необыкновеннаго преломленія, въ которомъ оно заключается и которое зависитъ еще отъ положенія боковой плоскости сквозь которую свѣтовой лучъ проникнулъ въ кристалъ.

Такимъ образомъ, задача преломленія раздѣляется на двѣ: *первая* изъ нихъ состоитъ въ опредѣленіи закона преломленія, соотвѣтствующаго извѣстному закону дѣйствія средины; *вторая* имѣетъ предметомъ привести послѣдній законъ къ взаимному дѣйствію частичекъ кристала и свѣта. Мы видѣли сейчасъ, какъ мало мы имѣемъ данныхъ для рѣшенія тѣхъ вопросовъ. Но первая изъ упомянутыхъ задачъ можетъ быть рѣшена началомъ наименьшаго дѣйствія, независимымъ отъ сказанныхъ данныхъ.

Упомянутое начало имѣетъ вообще мѣсто въ движеніи точки подверженной притягивающимъ и отталкивающимъ силамъ. Прилагая его къ свѣту, можно сдѣлать опущеніе весьма малой дуги описываемой имъ при переходѣ изъ пустоты въ прозрачную средину, и предположить движеніе его равномѣрнымъ, какъ скоро свѣтъ проникнулъ въ средину на чувствительное количество. Начало наименьшаго дѣйствія приводится тогда къ тому, что свѣтъ притекаетъ отъ внѣшней точки къ точкѣ взятой во внутренности кристала такъ, что если прибавить произведеніе прямой имъ описываемой внѣ кристала своею первоначальною скоростію, къ произведенію прямой описываемой имъ внутри настоящею своею скоростію, то сумма будетъ *минимумъ* или наименьшая. Теперь, направленіе скорости опредѣляется углами образуемыми ею съ двумя перпендикулярными одна къ другой осями; законъ дѣйствія средины на свѣтъ даетъ, началомъ живыхъ силъ, его скорость, когда онъ проникаетъ въ прозрачную средину; а начало наименьшаго дѣйствія дастъ между углами, образуемыми съ двумя осями его направленіями прежде и послѣ прохожденія чрезъ средину, два дифференціальныхъ уравненія опредѣляющихъ направленіе преломленнаго свѣта въ функціяхъ угловъ образованныхъ первоначальнымъ направленіемъ съ двумя осями. Такимъ образомъ получится законъ необыкновеннаго преломленія, соотвѣтствующій закону дѣйствія средины на свѣтъ.

Самый простой законъ дѣйствія есть тотъ, котораго выраженіе приводится къ постоянной. Тогда найдемъ, вышеизложенною методою, что синусы преломленія и паденія находятся постоянно въ одномъ и томъ же отношеніи, что соотвѣтствуетъ тому что мы выше видѣли.

Послѣ этого закона, является законъ котораго выраженіе заключаетъ только первую и вторую степени синусовъ угловъ, составляемыхъ преломленнымъ лучемъ съ двумя осями. Относительно исландскаго шпата, если взять за одну изъ осей ось кристала, то такъ какъ эта ось симметрична относительно трехъ сторонъ ея заключающихъ, легко видѣть, что предыдущее выраженіе должно зависѣть только отъ угла, составляемаго ею съ направленіемъ преломленнаго луча, и что оно должно привестись къ постоянной сложенной съ произведеніемъ другой постоянной на квадратъ синуса сказаннаго угла.

Подставляя его въ оба дифференціальныя уравненія начала наименьшаго дѣйствія, приходитъ въ точности къ формуламъ даваемымъ закономъ Гюйгенса; откуда слѣдуетъ, что этотъ законъ удовлетворяетъ вмѣстѣ началу наименьшаго дѣйствія и началу живыхъ силъ. Послѣ этого нельзя сомнѣваться, что упомянутый законъ происходитъ отъ дѣйствія притягивающихъ и отталкивающихъ силъ, которыхъ дѣйствіе замѣтно только на неощущаемыхъ разстояніяхъ.

До сихъ поръ, сказанный законъ былъ только результатомъ наблюденія, приближающимся къ истинѣ, въ предѣлахъ погрѣшностей, которымъ донынѣ подвержены точнѣйшія наши наблюденія. Нынѣ, простота закона дѣйствія отъ котораго онъ зависитъ, заставляетъ разсматривать его какъ законъ строго доказанный.

Если принять за единицу скорость свѣта въ пустотѣ, то скорость необыкновенно преломленнаго луча выразится дробью, которой числитель будетъ единица, а знаменатель — радіусъ Гюйгенсова эллипсоида, по которому направляется свѣтъ. Скорость обыкновеннаго луча въ кристалѣ постоянна по всѣмъ направленіямъ и равна единицѣ раздѣленной на отношеніе синуса преломленія къ синусу паденія. Гюйгенсъ открылъ опытомъ, что полуось вращенія его эллипсоида представляетъ весьма приблизительно

это отношеніе, что взаимно связываетъ оба преломленія— обыкновенное и необыкновенное.

Но начало непрерывности показываетъ, что такая замѣчательная связь есть необходимый результатъ дѣйствія кристала на свѣтъ и зависитъ отъ одного соображенія, что обыкновенный лучъ превращается въ необыкновенный, если приличнымъ образомъ измѣнять его положеніе относительно къ оси новаго кристала. Въ самомъ дѣлѣ, если этотъ лучъ перпендикуляренъ къ боковой плоскости того кристала, разрѣзаннаго перпендикулярно къ его оси, то ясно, что безконечно малое наклоненіе оси къ боковой плоскости, произведенное сѣченіемъ безконечно близкимъ къ первому, достаточно чтобы сдѣлать изъ луча обыкновеннаго лучъ необыкновенный, и обратно. Это наклоненіе можетъ только безконечно мало видоизмѣнить дѣйствіе кристала и скорость луча въ его внутренности; поэтому сказанная скорость будетъ тогда скоростію необыкновеннаго луча и, слѣдовательно, она равна единицѣ раздѣленной на полуось обращенія эллипсоида. Такимъ образомъ, она вообще превосходитъ скорость необыкновеннаго луча, ибо разность квадратовъ тѣхъ двухъ скоростей пропорціональна квадрату синуса угла, составляемаго осью съ послѣднимъ лучомъ. Эта разность представляетъ разность дѣйствія кристала на эти два вида лучей. Она бываетъ наибольшею, когда лучъ падающій на искусственную плоскость проведенную чрезъ ось кристала находится въ плоскости перпендикулярной къ этой оси. Тогда необыкновенное преломленіе слѣдуетъ одинаковому закону съ преломленіемъ обыкновеннымъ; только отношеніе синусовъ преломленія и паденія, которое, въ случаѣ обыкновеннаго преломленія, есть малая полуось эллипсоида, будетъ равно большой полуоси въ необыкновенномъ преломленіи.

По Гюйгенсу, скорость необыкновеннаго луча въ кристалѣ выражается самымъ радіусомъ эллипсоида; поэтому его ипотеза неудовлетворяетъ началу наименьшаго дѣйствія. Однакожь замѣчательно, что она удовлетворяетъ началу Ферма (*), по которому свѣтъ достигаетъ, отъ точки взятой внѣ кристала къ другой точкѣ взятой въ его внутренности, въ наименѣе возможное время; ибо очевидно, что это начало приводится къ началу наименьшаго дѣйствія, обращеніемъ выраженія скорости. Тожество Гюйгенсова закона съ началомъ Ферма имѣетъ вообще мѣсто, каковъ бы ни былъ сфероидъ представляющій въ его ипотезѣ скорость свѣта внутри кристала; такъ что онъ даетъ всѣ законы преломленія, могущіе происходить отъ притягивающихъ и отталкивающихъ силъ. Но эллиптическій сфероидъ удовлетворяетъ до нынѣ наблюденнымъ явленіямъ двойнаго лучепреломленія, такъ что здѣсь, равно какъ въ движеніяхъ и фигурѣ небесныхъ тѣлъ, природа, переходя отъ простаго къ сложному, вслѣдъ за круговою формою ставитъ формы эллиптическія.

Законъ отраженія свѣта поверхностями прозрачныхъ кристаловъ выводится еще изъ началъ наименьшаго дѣйстія и живыхъ силъ, но его можно связать съ закономъ преломленія слѣдующими соображеніями:

Какова бы ни была сущность силы отражающей свѣтъ отъ поверхности тѣлъ, ее можно разсматривать какъ силу отталкивающую, возвращающую свѣту, въ противуположномъ направленіи, скорость, которую она отъ него отняла; точно также какъ упругость возвращаетъ тѣламъ, въ противуположномъ направленіи, скорость ею разрушенную; а извѣстно, что, въ послѣднемъ случаѣ, всегда существуетъ начало наименьшаго дѣйствія. Относительно свѣ-

(*) Fermat.

товаго луча, обыкновеннаго и необыкновеннаго, отраженнаго внѣшнею поверхностію тѣла, это начало приводится къ тому, что свѣтъ достигаетъ отъ одной точки къ другой самымъ кратчайшимъ путемъ изъ всѣхъ встрѣчающихъ поверхность; потому что, вслѣдствіе начала живыхъ силъ, скорость свѣта одинакова до отраженія и послѣ отраженія. Условіе кратчайшаго пути даетъ равенство угловъ отраженія и паденія, въ плоскости перпендикулярной къ поверхности, какъ то уже было замѣчено еще Птолемеемъ. Это общій законъ отраженія на внѣшней поверхности тѣлъ.

Но, если свѣтъ, входя въ кристалъ, раздѣлится на обыкновенные и необыкновенные лучи, часть этихъ лучей отражается внутреннею поверхностію, при выходѣ ихъ изъ кристала. При отраженіи, каждый обыкновенный и необыкновенный лучъ раздѣляется на два другихъ, такъ что солнечный, проникнувъ въ кристалъ, образуетъ своимъ частнымъ отраженіемъ, на поверхности выхода, четыре отдѣльныхъ пучка, которыхъ направленія мы сейчасъ опредѣлимъ.

Предположимъ сперва, что поверхности входа и выхода, которые мы назовемъ *первою* и *второю* поверхностями, параллельны между собою. Дадимъ кристалу толщину нечувствительную, однако бо̀льшую чѣмъ кругъ чувствительнаго дѣйствія обоихъ поверхностей. Въ этомъ случаѣ, вышеприведеннымъ разсужденіемъ мы докажемъ, что четыре отраженные пучка составятъ чувствительно только одинъ, находящійся въ плоскости паденія рождающаго луча (rayon générateur), и составляющій съ первою поверхностію уголъ отраженія равный углу паденія. Возвратимъ теперь кристалу его толщину и очевидно будетъ, что въ такомъ случаѣ пучки, отраженные послѣ выхода ихъ чрезъ первую поверхность, примутъ направленія параллельныя тѣмъ, которыя они приняли въ первомъ слу-

чаѣ. Слѣдовательно эти пучки будутъ параллельны между собою и къ плоскости паденія рождающаго луча; только, не смѣшиваясь чувствительно какъ въ первомъ случаѣ, они будутъ раздѣлены разстояніями тѣмъ бо̀льшими, чѣмъ кристалъ будетъ толще.

Теперь разсмотримъ произвольный внутренній лучъ выходящій частію чрезъ вторую поверхность и частію отраженный ею въ два пучка. Вышедшій лучъ будетъ параллеленъ рождающему лучу, потому что свѣтъ, выходя изъ кристала, долженъ принять направленіе параллельное тому, которое онъ имѣлъ при вхожденіи, ибо обѣ поверхности— входа и выхода — будучи предположены параллельными, свѣтъ претерпѣваетъ при выходѣ дѣйствія тѣхъ же самыхъ силъ, которыя дѣйствовали на него при входѣ, только въ противуположномъ направленіи. Вообразимъ, въ направленіи вышедшаго луча, плоскость перпендикулярную къ второй поверхности, и въ этой плоскости представивъ себѣ, внѣ кристала, прямую проходящую чрезъ точку выхода, образуя съ перпендикуляромъ поверхности, но со стороны противуположной направленію вышедшаго луча, тотъ же самый уголъ какъ и сказанное направленіе; наконецъ, вообразимъ еще солнечный лучъ, входящій въ кристалъ, слѣдуя по этой прямой. Этотъ лучъ, при входѣ, раздѣляется на два другихъ, которые при выходѣ изъ кристала, чрезъ первую поверхность, примутъ направленія параллельныя солнечному лучу до входа его чрезъ вторую поверхность. Онѣ будутъ видимо параллельны направленіямъ двухъ отраженныхъ пучковъ, что можетъ имѣть мѣсто только тогда, когда оба луча, на которые раздѣлился солнечный лучъ входя чрезъ вторую поверхность, взаимно смѣшиваются, внутри кристала, съ направленіями двухъ отраженныхъ лучей. Формулы, относящіяся къ необыкновенному преломленію, даютъ направленія лучей на кото-

рые раздѣлился солнечный лучъ; слѣдовательно, онѣ дадутъ также направленія двухъ пучковъ отраженныхъ во внутренности кристала.

Если обѣ поверхности кристала не параллельны, то, помощію формулъ необыкновеннаго преломленія, мы получимъ направленія двухъ лучей на которые раздѣляетъ рождающій лучъ, при проникновеніи чрезъ первую поверхность. Помощію тѣхъ же формулъ получатся потомъ направленія каждаго изъ лучей, при выходѣ ихъ чрезъ вторую поверхность; откуда выведутся, предыдущимъ построеніемъ, направленія двухъ солнечныхъ лучей, которые, проникая въ кристалъ чрезъ вторую поверхность, образуютъ четыре луча, направленія которыхъ будутъ одинаковы съ направленіями четырехъ пучковъ рождающаго луча, отраженныхъ этою поверхностію. Сказанныя направленія даются формулами необыкновеннаго преломленія.

Такимъ образомъ, этими формулами получатся всѣ явленія преломленія свѣта поверхностями прозрачныхъ кристаловъ. Малюсъ сдѣлалъ, въ этомъ отношеніи, множество опытовъ, которыхъ замѣчательное согласіе съ вышеприведенными законами, выведенными изъ началъ наименьшаго дѣйствія и живыхъ силъ, окончательно доказываетъ что явленія преломленія и отраженія свѣта въ тѣхъ кристалахъ представляютъ результаты притягивающихъ и отталкивающихъ силъ. Онъ еще замѣтилъ весьма странное явленіе отраженія свѣта всѣми тѣлами, состоящее въ томъ, что подъ опредѣленнымъ для каждаго изъ нихъ угломъ паденія, весь отраженныѣ свѣтъ поляризуется, такъ что одно изъ изображеній предмета видимаго чрезъ отраженіе ихъ поверхностей, сквозь призму исландскаго шпата, въ плоскости его главнаго сѣченія, совершенно исчезаетъ; оно вновь появляется за означеннымъ предѣломъ паденія.

Изъ этого общаго закона, понынѣ кажется исключены только одни металлы, у которыхъ изображеніе долженствующее исчезнуть только ослобляется. Свѣтъ поляризованный въ направленіи противуположномъ направленію свѣта отраженнаго полированною поверхностію всякаго другаго тѣла, вполнѣ поглощается тѣломъ, когда онъ падаетъ на его поверхность подъ угломъ поляризаціи.

Аберрація звѣздъ зависитъ, какъ мы уже видѣли во второй книгѣ, отъ скорости ихъ свѣта, совокупленной съ скоростію движенія земли по ея орбитѣ. Поэтому, аберрація не могла бы быть одинаковою для всѣхъ звѣздъ, если бы лучи ихъ притекали къ намъ съ различными скоростями. По причинѣ малости аберраціи, было бы весьма трудно этимъ путемъ узнать съ точностію подобныя разности; но большое вліяніе скорости свѣта на его преломленіе, при прохожденіи чрезъ прозрачную средину, представляетъ чрезвычайно точный методъ для опредѣленія взаимныхъ скоростей свѣтовыхъ лучей.

Для этого достаточно утвердить стеклянную призму предъ объективомъ(*) зрительной трубы, и измѣрить уклоненіе произведенное такимъ образомъ въ кажущемся положеніи свѣтилъ. Этимъ путемъ дознано, что скорости прямаго и отраженнаго свѣта отъ всѣхъ небесныхъ и земныхъ предметовъ совершенно одинаковы. Опыты произведенные, по моей просьбѣ, Франсуа Доминикомъ Араго̀, не оставляютъ никакого сомнѣнія въ этой важной для астрономіи части физики и доказываютъ точность формулъ аберраціи свѣтилъ.

Скорость звѣзднаго свѣта, относительно наблюдателя, неодинакова во всѣхъ частяхъ земной орбиты. Она бываетъ больше, когда его движеніе противуположно земно-

(*) Объективъ — *предметное стекло.*

му, и меньше, когда эти оба движенія совершаются по одинаковому направленію. Хотя происходящая отъ этого разность въ относительной скорости свѣтоваго луча не превосходитъ приблизительно $\frac{1}{5000}$ всей скорости, однакожъ она можетъ произвесть чувствительныя измѣненія въ отклоненіи свѣта проходящаго сквозь призму. Такъ какъ Араго̀ не замѣтилъ ихъ, при своихъ весьма точныхъ наблюденіяхъ, то должно заключить, что относительная скорость однороднаго свѣтоваго луча постоянно одинакова и вѣроятно опредѣляется существомъ жидкости, которую оно приводитъ въ движеніе въ нашихъ органахъ для произведенія ощущенія свѣта. Такой выводъ по видимому указывается еще одинаковостію скорости свѣта истекающаго отъ свѣтилъ и земныхъ предметовъ, одинаковостію которая безъ того была бы неизъяснимою. Невѣроятно ли предположить, что свѣтящія тѣла испускаютъ безчисленное множество лучей одаренныхъ различными скоростями, и что только тѣ изъ нихъ, которыхъ скорость заключается въ извѣстныхъ предѣлахъ, обладаютъ свойствомъ возбуждать ощущеніе свѣта; тогда какъ другіе производятъ только темную теплоту? Не такимъ ли путемъ нагрѣтыя тѣла становятся свѣтящими, чрезъ увеличеніе степени ихъ жара; и прекрасные опыты Гершеля надъ теплотою солнечнаго спектра не доказываютъ ли, что солнце испускаетъ невидимые теплые лучи, изъ которыхъ нѣкоторые, менѣе преломляемые чѣмъ даже красные лучи, по видимому одарены большею скоростію?

Мнѣ кажется что явленія двойнаго лучепреломленія и аберраціи звѣздъ даютъ системѣ истеченія свѣта если не полную достовѣрность, то, по крайней мѣрѣ, чрезвычайную вѣроятность. Эти явленія необъяснимы ипотезою дрожаній эѳирной жидкости. Странное свойство луча поляризованнаго кристаломъ, свойство не раздѣляться болѣе при прохожденіи въ другой кристалъ параллельный первому, очевидно указываетъ различныя дѣйствія одного и тогоже кристала на различныя стороны частички свѣта, которой движенія, какъ мы видѣли, подвержены общимъ законамъ движенія тѣлъ бросаемыхъ.

Декартъ, первый обнародовалъ истинный законъ обыкновеннаго преломленія, который былъ тщетно отыскиваемъ Кеплеромъ и другими физиками. Гюйгенсъ, въ своей «Діоптрикѣ» утверждаетъ, что онъ видѣлъ этотъ законъ, представленный подъ другою формою, въ рукописи Снелліуса, которая, какъ ему сказали, была сообщена Декарту, и изъ которой онъ, можетъ быть, прибавляетъ Гюйгенсъ, извлекъ постоянное отношеніе синусовъ преломленія и паденія. Но это позднее замѣчаніе Гюйгенса въ пользу своего соотечественника, кажется мнѣ недостаточнымъ для похищенія у Декарта славы открытія, которое у него никто не оспаривалъ въ теченіе его жизни. Этотъ великій геометръ вывелъ его изъ слѣдующихъ двухъ предложеній: *первое*, что скорость свѣта параллельнаго къ поверхности паденія не видоизмѣняется ни отраженіемъ, ни преломленіемъ; *второе*, что скорость различна въ различныхъ прозрачныхъ срединахъ и значительнѣе въ тѣхъ которые сильнѣе преломляютъ свѣтъ. Декартъ заключилъ изъ этого, что если, при переходѣ изъ одной средины въ другую менѣе преломляющую, наклоненіе свѣтоваго луча таково, что выраженіе синуса преломленія равно или болѣе чѣмъ единица, то преломленіе превращается въ отраженіе, при равенствѣ угловъ отраженія и паденія.

Всѣ эти результаты сообразны тому что мы видимъ въ природѣ. Но доказательства приведенныя для нихъ Декартомъ неточны, и довольно замѣчательно, что какъ Гюйгенсъ, такъ и Декартъ, оба, помощію неточныхъ или ложныхъ тео-

рій, пришли къ истиннымъ законамъ преломленія свѣта. По этому поводу завязался между Декартомъ и Ферма̀ долгій споръ, который картезіанцы продолжали послѣ смерти своего учителя и который доставилъ Ферма̀ счастливый случай примѣнить свою прекрасную методу *наибольшихъ и наименьшихъ* (de maximis et minimis) къ радикальнымъ выраженіямъ. Разсматривая этотъ предметъ съ метафизической точки зрѣнія, онъ отыскивалъ законъ преломленія помощію вышеизложеннаго нами начала и весьма удивился прійдя къ закону Декарта. Но найдя, что для удовлетворенія его началу, скорость свѣта должна быть менѣе въ прозрачныхъ срединахъ чѣмъ въ пустотѣ, тогда какъ у Декарта она должна быть болѣе, что казалось ему невѣроятнымъ, то онъ еще сильнѣе убѣдился, что доказательство этого великаго геометра ошибочно.

Мы видѣли во II главѣ третьей книги, какимъ образомъ начало Ферма̀ привело къ началу наименьшаго дѣйствія, котораго приложеніе къ движенію свѣта въ кристализованныхъ прозрачныхъ тѣлахъ поставляетъ законы преломленія и отраженія въ зависимость отъ закона дѣйствія этихъ тѣлъ на свѣтъ, что доказываетъ, что этотъ родъ явленій есть результатъ притягивающихъ и отталкивающихъ силъ и ставитъ законъ Гюйгенса въ ряду строго точныхъ истинъ.

Внимательно изслѣдуя волосныя явленія, столь же разнообразныя какъ и явленія движенія свѣта, я нашелъ что первыя, подобно послѣднимъ, зависятъ отъ притягательныхъ силъ, перестающихъ быть замѣтными на малѣйшихъ разстояніяхъ доступныхъ нашимъ чувствамъ; и помощію одного этого свойства, мнѣ удалось подвергнуть ихъ строгому анализу.

Разсмотримъ сперва главнѣйшее изъ этихъ явленій,

именно повышеніе и пониженіе жидкостей въ весьма узкихъ трубкахъ.

Если погрузить въ стоячую воду конецъ весьма узкой цилиндрической стеклянной трубки, то вода поднимется въ ней на высоту обратно пропорціональную діаметру ея полости. Если этотъ діаметръ будетъ равенъ миллиметру и если внутренность трубки весьма мокра, то высота воды выше уровня будетъ, при температурѣ десяти градусовъ, весьма приблизительно равна $30\frac{1}{2}$ миллиметрамъ. Всѣ жидкости представляютъ подобныя явленія; только возвышенія ихъ не одинаковы. Нѣкоторыя жидкости вмѣсто того, чтобы подниматься надъ уровнемъ, понижаются подъ нимъ; но и пониженіе всегда обратно пропорціонально внутреннему діаметру трубки. Такое пониженіе для ртути, въ трубкѣ имѣющей внутренній діаметръ полости въ одинъ миллиметръ, составляетъ около 13 миллиметровъ.

Трубки изъ мрамора и всякихъ другихъ матеріаловъ представляютъ результаты подобные вышесказаннымъ: если такія трубки весьма узки, то жидкости поднимаются или понижаются въ нихъ обратно пропорціонально діаметрамъ ихъ полостей.

Въ трубкахъ и вообще въ волосныхъ пространствахъ, поверхность жидкости поднявшейся надъ уровнемъ бываетъ вогнутою; напротивъ того она бываетъ выпуклою при пониженіи жидкости ниже уровня.

Всѣ эти явленія тожественны въ пустотѣ и въ воздухѣ, и слѣдовательно не зависятъ отъ давленія атмосферы, а могутъ происходить только отъ притяженія жидкихъ частичекъ одна другою и стѣнками ихъ заключающими.

Большая или меньшая толщина стѣнокъ не имѣетъ замѣтнаго вліянія на эти явленія: возвышеніе и пониженіе жидкостей въ волосныхъ трубкахъ всегда одинаковы, какова бы ни была толщина стѣнокъ, лишь бы только вну-

треннie поперечники трубокъ были одинаковы. Слѣдовательно, цилиндрическie слои, находящiеся на чувствительномъ разстоянiи отъ внутренней поверхности, не способствуютъ восхожденiю жидкости, хотя въ каждомъ изъ нихъ, взятомъ отдѣльно, она должна подниматься выше уровня. Естественно думать, что ихъ дѣйствiю не препятствуетъ междуположенie слоевъ ими обнимаемыхъ, и что притяженiя этого рода передаются сквозь тѣла, подобно тяжести. Итакъ, дѣйствie слоевъ чувствительно удаленныхъ отъ внутренней поверхности трубки исчезаетъ только пропорцiонально ихъ разстоянiю отъ жидкости; откуда слѣдуетъ, что дѣйствie тѣлъ на жидкости, какъ и на свѣтъ, чувствительно только на незамѣтныхъ разстоянiяхъ.

Но притягательная сила дѣйствуетъ совершенно различными способами въ произведенiи волосныхъ явленiй и въ преломленiи свѣта. Послѣднее явленie происходитъ отъ полнаго дѣйствiя прозрачныхъ срединъ; и если онѣ ограничены кривыми поверхностями то, какъ мы уже видѣли, можно пренебречь дѣйствiемъ мениска отрѣзываемаго плоскостью касательною къ этимъ поверхностямъ; тогда какъ волосныя явленiя производятся дѣйствiемъ этого мениска. Въ самомъ дѣлѣ, если чрезъ ось стеклянной трубки, вертикально погруженной въ сосудъ наполненный водою, вообразить безконечно малый каналъ, который, изгибаясь подъ трубкою, оканчивался бы, вдали отъ этой трубки, на поверхности воды сосуда; то дѣйствie воды трубки на воду содержащуюся въ упомянутомъ каналѣ, будетъ менѣе дѣйствiя воды сосуда на воду заключающуюся въ другой оконечности канала: разность будетъ дѣйствie водянаго мениска, который бы отрѣзала плоскость касательная къ нижайшей точкѣ поверхности воды трубки; дѣйствie, которое очевидно стремится поднять жидкость канала и поддерживать ее въ равновѣсiи надъ уровнемъ. Поэтому необходимо, для объясненiя волосныхъ явленiй, знать дѣйствie подобныхъ менисковъ. Прилагая анализъ къ этому предмету, я пришелъ къ слѣдующей общей теоремѣ.

«Во всѣхъ законахъ, гдѣ притяженie чувствительно «только на незамѣтныхъ разстоянiяхъ, аналитическое вы«раженie дѣйствiя жидкаго тѣла, ограниченнаго кривою «поверхностiю, на внутреннiй безконечно узкiй каналъ, «перпендикулярный къ той поверхности въ произвольной «точкѣ, состоитъ изъ *трехъ* членовъ.

«*Первый*, несравненно превосходящiй два остальныхъ, «выражаетъ дѣйствie тѣла, предполагая его ограниченнымъ плоскостiю.

«*Второй* есть дробь имѣющая числителемъ постоянную «зависящую отъ напряженiя и отъ закона притягательной «силы, а знаменателемъ наименьшiй изъ радiусовъ развер«тыванiя поверхности въ этой точкѣ.

«*Третiй* членъ есть дробь имѣющая одинаковый числи«тель съ предыдущею, а знаменателемъ наибольшiй изъ «радiусовъ развертыванiя поверхности въ той же точкѣ».

Радiусы развертыванiя должны быть предположены положительными, если поверхность выпукла, и отрицательными если она вогнута. Подъ выраженiемъ — дѣйствie тѣла на каналъ — должно разумѣть давленie, которое жидкость заключенная въ каналѣ оказывала бы, вслѣдствie притяженiя того тѣла на основанie, находящееся внутри канала, перпендикулярно къ его бокамъ, принявъ это основанie за единицу.

Помощiю этой теоремы и законовъ равновѣсiя жидкостей, не трудно получить дифференцiальное уравненie фигуры, которую должна принять жидкая масса, одаренная тяжестiю и заключенная въ сосудѣ данной формы. Анализъ приводитъ къ уравненiю съ частными разностями

втораго порядка, котораго интегралъ не поддается ни одному изъ извѣстныхъ методовъ. Если фигура будетъ фигурою вращенія, уравненіе приводится къ обыкновеннымъ разностямъ и можетъ быть интегрировано весьма сходящимся приближеніемъ, когда поверхность весьма мала. Такимъ образомъ найдемъ, что въ весьма узкихъ цилиндрическихъ трубкахъ, поверхность жидкости тѣмъ болѣе приближается къ сферическому сегменту, чѣмъ уже внутренній діаметръ трубки. Если въ различныхъ цилиндрическихъ трубкахъ изъ одного и того же вещества, эти сегменты подобны, то радіусы ихъ поверхностей относятся какъ діаметры трубокъ. Эта подобность сферическихъ сегментовъ покажется очевидною, если принять въ соображеніе, что разстояніе, на которомъ дѣйствіе трубки перестаетъ быть замѣтнымъ, нечувствительно мало, такъ что если, помощію весьма сильнаго микроскопа, удается видѣть его равнымъ миллиметру, то вѣроятно тоже самое увеличеніе дало бы трубкѣ діаметръ въ нѣсколько метровъ. Слѣдовательно, внутренняя поверхность трубки можетъ быть разсматриваема весьма приблизительно какъ плоскость въ радіусѣ равномъ радіусу круга ея чувствительнаго дѣйствія; такъ что, въ этомъ промежуткѣ, жидкость возвышается или понижается отъ упомянутой поверхности точно какъ будто она была плоскою. За этимъ предѣломъ, такъ какъ сказанная жидкость чувствительно подвержена только собственному своему дѣйствію, ея поверхность будетъ поверхностію сферическаго сегмента, котораго крайнія касательныя плоскости, будучи таковыми же жидкой поверхности, на предѣлахъ круга чувствительнаго дѣйствія трубки, будутъ въ различныхъ трубкахъ весьма приблизительно одинаково наклонены къ ихъ стѣнкамъ; откуда слѣдуетъ, что эти различные сегменты подобны между собою.

Сближеніе этихъ результатовъ даетъ истинную причину возвышенія и пониженія жидкостей въ волосныхъ трубкахъ, въ обратномъ отношеніи ихъ діаметровъ. Такъ, если жидкость поднимается въ цилиндрической трубкѣ, поверхность ея дѣлается тогда вогнутою и ея дѣйствіе на вышеупомянутый каналъ менѣе дѣйствія жидкости сосуда на тотъ же каналъ. По предшествующей теоремѣ, разность равна постоянной, раздѣленной на радіусъ сферическаго сегмента, котораго поверхность весьма приблизительно есть поверхность жидкости. А такъ какъ сегменты подобны въ различныхъ трубкахъ, то радіусы ихъ будутъ относиться какъ внутренніе діаметры трубокъ; слѣдовательно, эта разность и причиняемое ею возвышеніе жидкости надъ уровнемъ, будутъ въ обратномъ отношеніи тѣхъ діаметровъ.

Если поверхность внутренней жидкости выпукла, какъ, напримѣръ, ртути въ стеклянной трубкѣ, то дѣйствіе жидкости на каналъ будетъ болѣе дѣйствія жидкости сосуда. Жидкость должна понижаться въ отношеніи этой разности и, слѣдовательно, въ обратномъ отношеніи внутренняго діаметра трубки.

Такъ, помощію наблюденнаго возвышенія или пониженія жидкости въ волосной цилиндрической трубкѣ извѣстнаго діаметра, можно опредѣлить возвышеніе или пониженіе той же жидкости въ волосной трубкѣ произвольнаго діаметра. Но если трубка не цилиндрична и если ея внутренняя поверхность есть поверхность произвольной вертикальной и прямой призмы, то каково будетъ среднее возвышеніе или пониженіе жидкости въ этой трубкѣ?

Рѣшеніе этой задачи повидимому требуетъ интегрированія уравненія при поверхности внутренней жидкости, интегрированія невозможнаго въ настоящемъ состояніи анализа. Къ счастію, это уравненіе, помощію особой методы, приводитъ къ замѣчательному результату, заклю-

чающему въ себѣ это рѣшеніе и объясненіе многихъ волосныхъ явленій:

Вотъ этотъ результатъ:

«Какова бы ни была фигура и размѣры призмы, «объемъ поднятой или пониженной волоснымъ дѣйствіемъ «жидкости пропорціоналенъ окружности ея внутренняго «сѣченія, сдѣланнаго горизонтальною плоскостію».

Этотъ результатъ можно доказать не прибѣгая къ анализу, а разсматривая съ слѣдующей точки зрѣнія вліянія волоснаго дѣйствія.

Представимъ себѣ, что жидкость поднимается въ прямой, вертикальной призмѣ: ясно, что это происходитъ отъ дѣйствія стѣнокъ трубки на жидкость и жидкости на самую себя. Первый слой жидкости, прилегающій къ стѣнкамъ, поднимается сказаннымъ дѣйствіемъ; этотъ первый слой поднимаетъ второй; второй — третій, и такъ далѣе, до тѣхъ поръ, пока вѣсъ объема поднятой жидкости уравновѣситъ притягательныя силы стремящіяся поднять ее на еще бóльшую высоту. Чтобы опредѣлить этотъ объемъ въ состояніи равновѣсія, вообразимъ, на нижней оконечности трубки, вторую мысленную трубку, которой безконечно тонкія стѣнки были бы продолженіемъ внутренней поверхности первой трубки, и которая, не имѣя никакого дѣйствія на жидкость, не препятствовала бы взаимному дѣйствію трубки и жидкости. Предположимъ, что эта вторая трубка будетъ сперва вертикальною, потомъ изогнется горизонтально и, наконецъ, вновь приметъ свое вертикальное направленіе, поднимаясь до поверхности жидкости и сохраняя на всемъ своемъ протяженіи одинаковую форму и ширину. Очевидно, что въ состояніи равновѣсія жидкости, давленіе должно быть одинаково въ обоихъ вертикальныхъ колѣнахъ канала составленнаго изъ первой и второй трубъ. Но какъ жидкости находится болѣе въ первомъ вертикальномъ колѣнѣ, составленномъ изъ первой трубки и части второй, чѣмъ въ другомъ вертикальномъ колѣнѣ, то нужно чтобы избытокъ давленія отъ того происходящаго, былъ разрушенъ вертикальными притяженіями призмы и жидкости, оказываемыми на жидкость содержащуюся въ томъ первомъ колѣнѣ.

Подвергнемъ тщательному анализу эти различныя притяженія.

Разсмотримъ сперва тѣ, которыя имѣютъ мѣсто около нижней части первой трубки. Такъ какъ призма предположена вертикальною и прямою, то основаніе ея будетъ горизонтальное. Жидкость содержащаяся во второй трубкѣ притягивается вертикально книзу, во первыхъ сама собою, а во вторыхъ жидкостію окружающею эту вторую трубку. Но эти два притяженія разрушаются подобными же притяженіями претерпѣваемыми жидкостію, содержащеюся во второмъ вертикальномъ колѣнѣ канала, близъ поверхности уровня всей жидкой массы; такъ что ихъ можно оставить здѣсь безъ вниманія. Жидкость перваго вертикальнаго колѣна второй трубки притягивается еще вертикально жидкостію первой трубки; но это притяженіе разрушается притяженіемъ, которое первая жидкость оказываетъ сама на послѣднюю; слѣдовательно и здѣсь можно оставить безъ вниманія или опустить эти два взаимныя притяженія. Наконецъ, жидкость второй трубки притягивается вертикально къ верху первою трубкою, и отъ того происходитъ вертикальная сила, которую мы назовемъ *первою силою*, и которая содѣйствуетъ къ разрушенію избытка давленія, происходящаго отъ возвышенія жидкости въ первой трубкѣ.

Разсмотримъ теперь силы, которыми одарена жидкость первой трубки. Эта жидкость претерпѣваетъ въ своей нижней части слѣдующія притяженія.

1-е. Она притягивается сама собою; но взаимныя притяженія тѣла не сообщаютъ ему никакого движенія, если оно принадлежитъ къ числу твердыхъ; а, безъ возмущенія равновѣсія, можно вообразить жидкость первой трубки отвердѣвшею.

2-е. Эта жидкость притягивается нижнею жидкостію второй трубки; но мы уже видѣли, что взаимныя притяженія этихъ двухъ жидкостей взаимно уничтожаются, и что не нужно принимать ихъ въ расчетъ.

3-е. Она притягивается внѣшнею жидкостію окружающею вторую трубку, и отъ этого притяженія происходитъ вертикальная направленная къ низу сила, которую мы назовемъ *второю силою*.

Мы замѣтимъ здѣсь, что если законъ притяженія относительно разстоянія одинаковъ для частичекъ первой трубки и для частичекъ жидкости, такъ что онѣ разнятся только ихъ напряженностію при равныхъ объемахъ; то эти напряженія будутъ между собою въ отношеніи первой силы къ второй, ибо внутренняя поверхность жидкости окружающей вторую трубку одинакова съ внутреннею поверхностію первой трубки. Слѣдовательно, обѣ массы разнятся только ихъ толщиною; но такъ какъ притяженіе массъ дѣлается нечувствительнымъ на замѣтныхъ разстояніяхъ, то разность ихъ толщинъ не производитъ никакой разности въ ихъ притяженіяхъ, лишь бы только тѣ толщины были чувствительны.

4-е. Наконецъ, жидкость первой трубки притягивается вертикально къ верху этою трубкою. Представимъ себѣ, въ самомъ дѣлѣ, эту жидкость раздѣленною на безконечное число малыхъ вертикальныхъ столбовъ. Если отъ одного изъ этихъ столбовъ провести горизонтальную плоскость, часть трубки ниже этой плоскости не производитъ никакой вертикальной силы въ столбѣ. Слѣдовательно,

эта трубка производитъ только ту вертикальную силу, которая происходитъ отъ ея части находящейся выше упомянутой плоскости; и очевидно, что вертикальное притяженіе этой части трубки на столбъ одинаково съ таковымъ же цѣлой трубки на столбъ равный и подобно помѣщенный во второй трубкѣ. Итакъ, полная вертикальная сила произведенная притяженіемъ первой трубки на жидкость въ ней содержащуюся, равна таковой же произведенной притяженіемъ этой трубки на жидкость заключенную во второй трубкѣ. Эта сила, такимъ образомъ, равна *первой силѣ*.

Соединяя всѣ вертикальныя притяженія, претерпѣваемыя жидкостію, заключенною въ первомъ вертикальномъ колѣнѣ канала, мы получимъ вертикальную слагающую, направленную съ низу къ верху и равную вдвое взятой первой силѣ, безъ однажды взятой второй. Эта слагающая должна уравновѣшивать избытокъ давленія происходящій отъ вѣса объема жидкости поднятаго выше уровня; слѣдовательно, она равна этому объему умноженному на удѣльный вѣсъ жидкости. Теперь, дѣйствіе трубки будучи чувствительно только на незамѣтныхъ разстояніяхъ, призма дѣйствуетъ только на столбы жидкости чрезвычайно близкія къ ея поверхности. Такимъ образомъ можно оставить въ сторонѣ кривизну этихъ стѣнокъ и разсматривать ихъ какъ бы развитыми въ плоскость: тогда первая и вторая силы будутъ равны произведенію ширины этой плоскости, или, что все равно, окружности внутренняго основанія трубки на постоянные коэффиціенты могущіе обозначить, какъ выше сказано, относительныя напряженія притяженій частичекъ трубки и жидкости, при равенствѣ объемовъ. Слагающая, о которой сейчасъ говорили, будетъ тогда пропорціональна упомянутой окружности и, слѣдовательно, объемъ поднятой жидкости будетъ ей также пропорціоналенъ.

Средняя, между высотами всѣхъ точекъ верхней поверх-

ности жидкости надъ уровнемъ, будетъ частнымъ отъ раздѣленія ея объема на основаніе призмы. Слѣдовательно, эта высота пропорціональна окружности призмы, раздѣленной на ея основаніе.

Если призма есть цилиндръ, то окружность ея основанія пропорціональна ея діаметру, и основаніе пропорціонально квадрату діаметра; слѣдовательно, средняя высота жидкости обратно пропорціональна діаметру. Если призма очень узка, упомянутая высота очень мало разнится отъ таковой же нижайшей точки поверхности внутренней жидкости. Если жидкость обмачиваетъ стѣнки трубки, какъ алкооль и вода обмачиваютъ стекло, то упомянутая поверхность весьма близка къ полушару, и изъ того нетрудно заключить, что для полученія ея средней высоты надъ уровнемъ, нужно прибавить къ средней высотѣ ея нижайшей точки $1/6$ поперечника трубки. Послѣдняя высота, такимъ образомъ исправленная, обратно пропорціональна діаметру трубки. Гэ-Люссакъ подтвердилъ эти результаты теоріи множествомъ весьма тщательныхъ и точныхъ опытовъ надъ водою, виннымъ спиртомъ различныхъ плотностей, летучими маслами и многими другими тѣлами.

Постоянное отношеніе объема поднятой жидкости къ окружности основанія существуетъ даже въ томъ случаѣ, когда кривизна той окружности прерывается, какъ напримѣръ, если та окружность будетъ прямолинейнымъ многоугольникомъ. Это отношеніе можетъ быть нарушено только дѣйствіемъ трубки у ея ребръ и только на протяженіи равномъ протяженію круга чувствительной дѣятельности ея частичекъ. Такъ какъ это протяженіе незамѣтно, то погрѣшность должна быть совершенно нечувствительна, и, поэтому, можно распространить вышесказанное отношеніе на призмы съ произвольными основаніями. Если эти основанія подобны, то они пропорціональны квадратамъ

соотвѣтственныхъ или одноименныхъ линій (lignes homologues), и ихъ окружности пропорціональны этимъ линіямъ. Окружности раздѣленныя на ихъ соотвѣтственныя основанія и, слѣдовательно, среднія высоты поднятой жидкости обратно пропорціональны этимъ линіямъ.

Когда окружности основаній представляютъ многоугольники описанные около одного круга, основанія равны произведенію этихъ окружностей на половину радіуса круга. Слѣдовательно, отношеніе окружностей къ основаніямъ одинаково и равно единицѣ раздѣленной на ту половину. Поэтому, средняя высота поднятой жидкости одинакова во всѣхъ тѣхъ трубахъ.

Если основаніе призмы есть прямоугольникъ, котораго одна сторона весьма велика, а другая весьма мала, то отношеніе окружности къ основанію будетъ весьма приблизительно равно единицѣ раздѣленной на половину малой стороны.

Если основаніе будетъ кругъ, котораго эта малая сторона будетъ радіусомъ, то отношеніе окружности къ основанію будетъ тоже самое какъ и предыдущее. Слѣдовательно, въ обоихъ этихъ случаяхъ, среднее возвышеніе жидкости будетъ одинаково.

Первый случай весьма приблизительно представляетъ случай двухъ параллельныхъ плоскостей погруженныхъ въ жидкость ихъ нижними оконечностями. Такъ, средняя высота жидкости между двумя параллельными плоскостями равна той же высотѣ въ цилиндрической трубкѣ, радіусъ которой равенъ взаимному разстоянію плоскостей; что совершенно согласно съ наблюденіемъ.

Если помѣстить вертикально одну призму въ другую пустую и вертикальную и погрузить ихъ нижнія оконечности въ жидкость; то объемъ этой жидкости поднятый между внѣшнею поверхностію первой призмы и внутрен-

нею поверхностію второй, будетъ пропорціоналенъ суммѣ окружностей ихъ основаній — внѣшняго и внутренняго. Эта теорема можетъ быть легко доказана предыдущимъ способомъ. Изъ нея выводится, что если основанія будутъ подобные между собою многоугольники, то средняя высота жидкости поднятой между призмами равна таковой же въ подобной призмѣ у которой каждый бокъ внутренняго основанія равенъ разности соотвѣтствующихъ боковъ другихъ основаній.

Если пустая призма, погруженная нижнею своею частію въ жидкость, наклонена къ горизонту, то объемъ жидкости поднятой въ призмѣ надъ уровнемъ, умноженный на синусъ наклоненія реберъ призмы, постоянно одинаковъ, не смотря на степень упомянутаго наклоненія. Въ самомъ дѣлѣ, это произведеніе выражаетъ вѣсъ объема поднятой жидкости, разложенный параллельно бокамъ призмы. Этотъ такимъ образомъ разложенный вѣсъ долженъ уравновѣшивать дѣйствіе призмы и внѣшней жидкости на жидкость въ ней содержащуюся, дѣйствіе очевидно одинаковое при всѣхъ наклоненіяхъ призмы. Слѣдовательно, средняя вертикальная высота поднятой жидкости будетъ постоянно одинакова.

Изъ вышесказаннаго слѣдуетъ, что если двойное количество напряженія притягательной силы трубки на жидкость меньше таковаго же жидкости на самую себя, то выраженіе объема жидкости поднятой надъ уровнемъ становится отрицательнымъ. Тогда возвышеніе превращается въ пониженіе; но съ этимъ превращеніемъ вышесказанные результаты продолжаютъ существовать. Такимъ образомъ, среднее пониженіе жидкости въ цилиндрическихъ трубкахъ обратно пропорціонально ихъ діаметрамъ.

Уголъ образуемый пересѣченіемъ поверхностей внутренней жидкости и трубки измѣняется съ напряженіями

ихъ притягательныхъ силъ. Анализъ приводитъ къ слѣдующей теоремѣ.

«Напряженіе притяженія трубки на жидкость равно на«пряженію притяженія жидкости на самую себя, помножен«ному на квадратъ косинуса половины угла образуемаго съ «низшею частію стѣнокъ трубки, плоскостію касающеюся «жидкой поверхности, на оконечности круга чувствитель«наго дѣйствія трубки; угла различнаго отъ того, который «образуютъ съ этими стѣнками бока сказанной поверхно«сти непосредственно къ нимъ прикасающіеся.»

Этотъ уголъ будетъ равенъ нулю, если напряженіе притягательной силы трубки равно таковому же жидкости, и тогда, въ весьма узкой цилиндрической трубкѣ, поверхность жидкости весьма приблизительна полу-круговая. Уголъ сдѣлается прямымъ и жидкая поверхность плоскою, когда первое изъ упомянутыхъ напряженій составляетъ только половину втораго. Наконецъ, упомянутый уголъ будетъ равенъ двумъ прямымъ и жидкая поверхность сдѣлается выпуклымъ полушаромъ, если притягательная сила трубки незамѣтна относительно таковой же силы жидкости. Такимъ образомъ, измѣреніе этого угла даетъ мѣру отношенія упомянутыхъ силъ, если только первая не превосходитъ вторую.

Въ случаѣ что притягательная сила трубки на жидкость превосходитъ таковую же жидкости на самую себя, весьма тонкій слой жидкости пристаетъ къ стѣнкамъ трубки и образуетъ внутреннюю трубку, которая тогда одна поднимаетъ жидкость, поверхность коей дѣлается, слѣдовательно, вогнутою какъ полушаръ. Таковы случаи воды, винопспирта и маселъ въ стеклянныхъ трубкахъ.

Такъ какъ близъ оконечностей стѣнокъ трубки и на протяженіи круга ея чувствительной дѣятельности, притяженіе ея верхней части не тожественно и безпрерывно умень-

шается, по мѣрѣ приближенія жидкости къ упомянутой оконечности, то уголъ, который мы разсматривали, получаетъ большія измѣненія. Такъ, погружая все болѣе и болѣе стеклянную волосную трубку въ виноспиртъ, возвышеніе внутренней жидкости надъ уровнемъ останется постоянно одинаковымъ, пока она не достигнетъ оконечности трубки. Тогда, продолжая погружать трубку, мы увидимъ что поверхность виноспирта дѣлается все менѣе и менѣе вогнутою и наконецъ становится плоскою, когда верхняя оконечность трубки достигаетъ до поверхности уровня жидкости.

Подобное же явленіе совершается при послѣдовательномъ наливаніи виноспирта въ стеклянную волосную трубку, съ обоихъ концовъ открытую и держимую въ вертикальномъ положеніи. Жидкость опускается къ нижней оконечности трубки: верхняя поверхность столба всегда будетъ вогнутая полушаромъ: нижняя поверхность подобнымъ же образомъ вогнута, но эта вогнутость постоянно уменьшается по мѣрѣ того какъ, съ приливаніемъ виноспирта, увеличивается длина столба, и когда эта длина сравняется съ высотою зависящею отъ волосности, то есть, съ высотою до которой поднялась бы жидкость надъ уровнемъ въ трубкѣ погруженной нижнимъ концомъ въ неопредѣленный сосудъ наполненный тою жидкостію, — нижняя поверхность столба сдѣлается плоскою. Продолжая приливать виноспиртъ, эта поверхность дѣлается все болѣе и болѣе выпуклою, если только прилипаніе воздуха къ основанію трубки, или какая либо другая причина, препятствуетъ сказанному основанію замочиться. Когда эта поверхность сдѣлается выпуклымъ полушаромъ, то длина столба будетъ вдвое больше высоты зависящей отъ волосности. Въ самомъ дѣлѣ, насасываніе производимое выпуклостію его верхней поверхности и давленіе происхо-

дящее отъ выпуклости его нижней поверхности содѣйствуютъ къ поддержанію этого столба; эти двѣ силы, какъ выше сказано, равны между собою и первая достаточна для поддержанія жидкости на высотѣ зависящей отъ волосности. Если продолжать приливаніе виноспирта, то жидкая капля удлинняется и лопается въ точкахъ своей поверхности, гдѣ радіусъ кривизны увеличивается такимъ удлинненіемъ. Тогда капля разливается по нижнему основанію трубки, гдѣ она образуетъ новую каплю, которая становится все болѣе и болѣе выпуклою, пока не образуетъ полушара, радіусъ котораго есть внѣшній радіусъ трубки. Тогда, если столбъ, который укоротился въ моментъ когда первая капля разлилась по основанію трубки, находится въ равновѣсіи, длина его будетъ суммою возвышеній жидкости, которыя бы имѣли мѣсто въ двухъ стеклянныхъ трубкахъ погруженныхъ въ ту жидкость и которыхъ внутренніе радіусы были бы 1) таковой же первой трубки и 2) внѣшній радіусъ той же самой трубки. Всѣ эти результаты теоріи подтверждены наблюденіемъ.

Разсмотримъ теперь неопредѣленный сосудъ, наполненный произвольнымъ числомъ жидкостей, помѣщаемыхъ горизонтально одни надъ другими.

«Если погрузить вертикально нижнюю оконечность пря-
«мой призматической трубки, то избытокъ вѣса жидкостей
«содержащихся въ трубкѣ надъ вѣсомъ жидкостей кото-
«рыя бы въ ней заключались безъ волоснаго дѣйствія, ра-
«венъ вѣсу жидкости которая бы поднялась выше уровня,
«еслибы жидкость въ которую погружается нижняя око-
«нечность трубки существовала одна.»

Въ самомъ дѣлѣ, дѣйствіе призмы и этой жидкости, на ту же жидкость заключенную въ трубкѣ, очевидно одинаково какъ и въ этомъ послѣднемъ случаѣ. Другія жидкости содержащіяся въ призмѣ, будучи чувствительно подня-

ты выше ея нижняго основанія, дѣйствіе призмы на каждую изъ нихъ не можетъ ни поднять, ни понизить ихъ. Что-же касается до взаимнаго дѣйствія этихъ жидкостей одной надъ другою, они очевидно бы разрушились, еслибы жидкости взятыя вмѣстѣ составляли твердую массу, что можно предположить не нарушая равновѣсія.

Отсюда слѣдуетъ, что если погрузить въ жидкость, нижнимъ концомъ, призматическую трубку и потомъ наливать въ эту трубку другую жидкость которая бы оставалась на верху первой, то вѣсъ обѣихъ содержащихся въ трубкѣ жидкостей будетъ одинаковъ съ вѣсомъ жидкости которая въ ней заключалась прежде. Поверхность верхней жидкости будетъ та, которую бы она приняла въ трубкѣ погруженной нижнимъ своимъ концомъ въ эту жидкость. Въ точкѣ прикосновенія обѣихъ жидкостей, они будутъ имѣть общую поверхность, различную отъ той которую бы они имѣли каждая отдѣльно, и которую можно опредѣлить анализомъ. Если намочить водою, виноспиртомъ или какою либо другою жидкостію въ точности обмачивающею стекло, внутренность цилиндрической стеклянной волосной трубки и погрузить ея нижнюю оконечность въ ртуть, то мы увидимъ что жидкость, обмачивавшая стѣнки трубки, соберется на поверхности ртути въ видѣ столба. Изъ приложенія анализа къ этому предмету выводится, что общая поверхность ртути и жидкости будетъ полушаромъ выпуклымъ относительно ртути, такъ что, тогда, уголъ образуемый ея поверхностію съ стѣнками трубки будетъ равенъ нулю.

Предположивъ что неопредѣленный сосудъ содержитъ только двѣ жидкости,

«представимъ себѣ что въ него погружаютъ вполнѣ прямую вертикальную призму, такъ чтобы она находилась въ «одной жидкости верхнею, а въ другой — нижнею частію. «Вѣсъ нижней жидкости, поднятой въ призмѣ волоснымъ «дѣйствіемъ, надъ ея уровнемъ въ сосудѣ, будетъ равенъ «вѣсу такого же объема верхней жидкости, прибавивъ вѣсъ «нижней жидкости, которая бы поднялась въ призмѣ надъ «уровнемъ, еслибы только одна эта жидкость находилась «въ сосудѣ, и вычтя вѣсъ верхней жидкости которая под«нялась бы въ той же призмѣ надъ уровнемъ, еслибы толь«ко одна эта жидкость находилась въ сосудѣ и призма по«гружалась въ нее своимъ нижнимъ концомъ.»

Чтобы доказать это, замѣтимъ что дѣйствіе призмы и нижней жидкости на содержащуюся въ ней часть нижней жидкости тожественно съ тѣмъ, которое бы имѣло мѣсто, еслибы жидкость одна существовала въ сосудѣ. Слѣдовательно, эта жидкость въ обоихъ тѣхъ случаяхъ побуждается вертикально къ верху одинаковымъ образомъ, и очевидно что силы побуждающія ее въ послѣднемъ случаѣ, равняются вѣсу объема той жидкости которая поднялась бы надъ уровнемъ. Точно также, верхняя жидкость содержащаяся въ верхней части призмы побуждается вертикально къ низу дѣйствіемъ призмы и самой жидкости, точно такъ какъ бы она побуждалась къ верху, еслибы сосудъ содержалъ одну эту жидкость, а призма погружалась въ нее своимъ нижнимъ концомъ. Въ семъ послѣднемъ случаѣ, соединеніе дѣйствій призмы и жидкости равняется вѣсу той жидкости, которая поднялась бы въ призмѣ выше уровня. Наконецъ, столбъ внутреннихъ жидкостей призмы побуждается вертикально къ низу своимъ собственнымъ вѣсомъ и къ верху давленіемъ внѣшнихъ жидкостей. Соединяя всѣ эти силы, которыя должны взаимно уравновѣшиваться, мы получимъ выраженную выше теорему.

Тѣми же началами можно опредѣлить то, что должно имѣть мѣсто, если сосудъ наполненъ произвольнымъ числомъ жидкостей.

Возвышеніе и пониженіе жидкостей въ волосныхъ трубкахъ измѣняются вмѣстѣ съ температурою, вслѣдствіе измѣненій производимыхъ теплотою въ поперечникѣ трубокъ и преимущественно въ плотности жидкостей. Относительно капельныхъ тѣлъ, которыя, подобно виноспирту, одарены совершенною жидкостію, выводится слѣдующая общая теорема.

«Возвышеніе жидкости въ точности намачивающей стѣн-«ки волосной трубки находится, при различныхъ темпера-«турахъ, въ прямомъ отношеніи плоскости жидкости и въ «обратномъ внутренняго поперечника трубки.»

Прилагая вышеизложенную теорію къ пониженію ртути въ барометрахъ, можно составить таблицу пониженій соотвѣтствующихъ различнымъ поперечникамъ ихъ трубокъ, и этимъ способомъ сдѣлать сравнимыми между собою эти снаряды столь драгоцѣнные для астрономовъ, физиковъ и геодезистовъ.

Одно изъ величайшихъ преимуществъ математическихъ теорій и самое соотвѣтственное для подтвержденія ихъ достовѣрности состоитъ въ взаимномъ связываніи явленій кажущихся разнородными, чрезъ опредѣленіе ихъ взаимныхъ отношеній, не предположительными и неопредѣленными соображеніями, но строгими вычисленіями. Такъ, законъ всемірнаго тяготѣнія связываетъ приливъ и отливъ моря съ законами эллиптическаго движенія планетъ. Такимъ образомъ вышеизложенная теорія ставитъ прилипаніе дисковъ къ поверхности жидкостей, равно какъ и притягиваніе и отталкиванія небольшихъ тѣлъ плавающихъ на такой поверхности, въ зависимость отъ возвышенія тѣхъ же жидкостей въ волосныхъ трубкахъ.

Если къ поверхности жидкости приложить дискъ привѣшенный къ рычагу весьма точныхъ вѣсовъ, такъ чтобы онъ поднимался вертикально помощію весьма малыхъ

гирекъ, прибавляемыхъ, послѣдовательно и съ медленностію, въ чашку другаго рычага вѣсовъ, то мы увидимъ что дискъ мало по малу поднимается надъ поверхностію жидкости, приподнимая съ тѣмъ вмѣстѣ столбъ жидкости. Послѣдовательною прибавкою гирекъ, дискъ наконецъ отрывается отъ сказаннаго столба, который падаетъ тогда на поверхность жидкости. Вѣсъ нужный для этого отдѣленія или отрыва можетъ быть выведенъ изъ возвышенія жидкости въ цилиндрической волосной трубкѣ сдѣланной изъ того же вещества какъ и дискъ.

Предположимъ, что упомянутый дискъ будетъ круглый и большаго поперечника. Столбъ имъ поднимаемый приметъ тогда форму твердаго тѣла обращенія, котораго нижнее основаніе распространяется неопредѣленно на поверхности жидкой массы, и котораго верхнее основаніе есть нижняя поверхность диска. Теорія волоснаго дѣйствія даетъ дифференціальное уравненіе поверхности столба. Эта поверхность вогнута и, вслѣдствіе этой вогнутости, столбъ удерживается висящимъ въ равновѣсіи; ибо, если чрезъ какую либо точку поверхности столба вообразить безконечно узкій каналъ, сперва горизонтальный, потомъ загибающій вертикально къ низу и продолжающійся подъ поверхностью уровня жидкости, то очевидно, что жидкость содержащаяся въ вертикальномъ колѣнѣ канала будетъ поддерживаться насасываніемъ происходящимъ отъ вогнутости поверхности столба; такъ какъ вода поднятая въ волосной стеклянной трубкѣ поддерживается въ равновѣсіи подобною же причиною.

Анализъ показываетъ что вѣсъ поднятаго столба, которому должна быть равна сумма гирекъ положенныхъ въ противоположную чашку вѣсовъ для его поддержанія, одинаковъ съ вѣсомъ цилиндрическаго столба жидкости, который бы имѣлъ:

1-е. Высотою — квадратный корень произведенія средняго возвышенія жидкости въ цилиндрической трубкѣ, сдѣланной изъ того же вещества какъ и дискъ, на діаметръ трубки, раздѣленнаго на косинусъ угла составляемаго нижнею поверхностію ея стѣнокъ съ касательною плоскостію жидкой поверхности, на оконечности круга чувствительнаго дѣйствія трубки, угла, который мы назовемъ *предѣльнымъ угломъ* (angle limite).

2-е. Основаніемъ — нижнюю поверхность диска, умноженную на косинусъ половины угла образуемаго этою поверхностію съ плоскостію касающеюся поверхности столба, на оконечности круга чувствительнаго дѣйствія диска.

Послѣдній уголъ, сперва равный двумъ прямымъ, уменьшается, по мѣрѣ того, какъ послѣдовательнымъ прибавленіемъ гирекъ, поднимается дискъ, почти такъ какъ онъ уменьшается въ волосной трубкѣ, которую продолжаютъ погружать въ жидкость уже дошедшую до его верхняго конца. Если цилиндръ, о которомъ мы сейчасъ говорили, раздѣлить на нижнюю поверхность диска, то получится возвышеніе надъ уровнемъ жидкости. Это наблюденное возвышеніе покажетъ соотвѣтствующій уголъ образованный поверхностями диска и жидкости.

Когда дискъ хочетъ оторваться отъ столба, упомянутый уголъ дѣлается равнымъ *предѣльному углу.*

Если жидкость намачиваетъ дискъ, то *предѣльный уголъ* равенъ нулю, и поверхность столба, въ моментъ отрыва представляетъ поверхность шейки блока, которой самая узкая часть находится около $^7/_{10}$ высоты столба. Гэ-Люссакъ сдѣлалъ множество весьма точныхъ опытовъ относительно прилипанія дисковъ къ поверхностямъ большаго числа жидкостей: эти опыты, сравненные съ вышеизложенною теоріею, согласуются съ нею весьма замѣчательнымъ образомъ и не оставляютъ никакого сомнѣнія касательно истинны упомянутой теоріи.

Эти опыты могутъ служить для опредѣленія отношеній притягательныхъ силъ различныхъ веществъ на одну и ту же жидкость. Дѣлая изъ этихъ веществъ круглые диски, весьма широкіе и одинаковаго діаметра, и прилагая ихъ къ поверхности неопредѣленной массы упомянутой жидкости, мы найдемъ, помощію анализа, что взаимныя напряженія этихъ притяженій, при одинаковости объема, будутъ пропорціональны квадратамъ вѣсовъ нужныхъ для оторванія дисковъ отъ жидкости. Когда притягательная сила диска на жидкость превосходитъ такую же силу жидкости на самую себя, то опытъ показываетъ только послѣднюю, ибо тогда жидкій слой сильно прилипаетъ къ нижней поверхности диска и образуетъ новый дискъ который одинъ поднимаетъ жидкость. По этой причинѣ, всѣ диски одинаковой фигуры и величины, сдѣланные изъ различныхъ веществъ обмачиваемыхъ водою, каковы на примѣръ, стекло, мраморъ и металлы, одинаково прилипаютъ къ поверхности упомянутой жидкости. Но, въ случаѣ, когда притяженіе диска менѣе, треніе сказанной жидкости о диски и ея вязкость причиняютъ большія разности въ результатахъ опытовъ касательно ихъ прилипанія къ ея поверхности; что и нашелъ Гэ-Люссакъ при опытахъ дѣланныхъ имъ относительно прилипанія стекляннаго диска къ ртути.

Изъ предыдущаго выводится, что *максимумъ* упомянутаго притяженія весьма приблизительно пропорціоналенъ синусу половины остраго угла, образуемаго съ верхнею поверхностію стѣнокъ стеклянной трубки вертикально погруженной въ ту жидкостью, плоскость касательною къ поверхности этой жидкости, при оконечности круга замѣтнаго дѣйствія трубки. Изъ ежедневныхъ наблюденій барометра извѣстно, что упомянутый уголъ можетъ значительно увеличиться,

когда ртуть опускается съ большою медленностію, ибо треніе ртути о стѣнки трубки и ея вязкость препятствуютъ опусканію частичекъ этой жидкости, смежныхъ съ тѣми стѣнками. Тѣже самыя причины препятствуютъ ртутному столбу отдѣляться отъ диска. Это отдѣленіе не совершается прямо между обѣими поверхностями диска и жидкости, какъ еслибы ртуть составляла твердую массу; тогда бы нужно употребить силу несравненно большую. Но, поднимая дискъ, жидкій столбъ начинаетъ отдѣляться на его краяхъ; потомъ, онъ все болѣе и болѣе съуживается къ срединѣ диска, до того момента, когда онъ отъ него оторвется. Слѣдовательно, треніе ртути о нижнюю поверхность диска и ея вязкость должны препятствовать этому дѣйствію и умножать, какъ въ пониженіи барометра, острый уголъ соприкосновенія поверхности диска съ поверхностію ртути. И если, по чрезвычайной медленности съ которою прибавляются малыя гирьки въ чашку вѣсовъ, всѣ частички жидкаго столба имѣютъ время принаровиться къ новому состоянію равновѣсія, приличествующаго тому углу, то понятно, что можно значительно увеличить вѣсъ, нужный для отдѣленія диска отъ поверхности ртути.

Притяженіе и отталкиваніе маленькихъ тѣлъ, плавающихъ на поверхности жидкости, представляютъ также волосныя явленія, которыя можно подвергнуть анализу.

Вообразимъ себѣ двѣ параллельныя плоскости, сдѣланныя изъ одного и того же вещества и погруженныя вертикально нижними оконечностями въ неопредѣленнаго пространства жидкость. Предположимъ сперва, что эта жидкость понижается между ними. Очевидно, что это пониженіе внутри плоскостей будетъ значительнѣе чѣмъ на ихъ внѣшности, и что оно будетъ тѣмъ болѣе, чѣмъ ближе между собою плоскости. Вслѣдствіе этой разности, плоскости очевидно будутъ прижимаемы одна къ другой внѣшнею жидкостію. Тоже самое дѣйствіе произойдетъ, если жидкость поднимается между плоскостями. Чтобы показать это, вообразимъ, во внутренней жидкости, вертикальный безконечно узкій каналъ, проходящій чрезъ нижайшую точку ея поверхности; и предположимъ, что этотъ каналъ изгибается горизонтально и оканчивается въ точкѣ внутренней поверхности одной изъ плоскостей, точкѣ, находящейся выше внѣшней жидкости. Эта точка будетъ первоначально претерпѣвать давленіе атмосферы; потомъ, давленіе жидкости содержащейся въ вертикальномъ колѣнѣ канала. Но эти давленія ослабляются дѣйствіемъ жидкаго мениска, который бы отрѣзывала плоскость касательная къ нижайшей точкѣ жидкой поверхности во внутренности; а это дѣйствіе уравновѣшиваетъ вѣсъ цѣлаго столба жидкости, заключающагося въ вертикальномъ колѣнѣ канала, предположивъ его продолженнымъ до поверхности уровня жидкости неопредѣленнаго пространства. Итакъ, внутренняя точка плоскости будетъ претерпѣвать давленіе меньшее атмосфернаго, гнетущаго соотвѣтственную точку внутри: эта разность давленія стремится еще болѣе сблизить обѣ плоскости.

Анализъ приводитъ къ слѣдующей теоремѣ:

«При возвышеніи и при пониженіи жидкости между плоскостями, давленіе, которое каждая плоскость претерпѣваетъ къ другой, равно вѣсу жидкой призмы, которой высота есть полу-разность возвышеній крайнихъ точекъ прикосновенія жидкости внутри и снаружи плоскости, и которой основаніе есть часть плоскости заключающаяся между горизонтальными линіями, проведенными чрезъ сказанныя точки».

Изъ этого слѣдуетъ, что когда плоскости весьма сближены, ихъ стремленіе къ соединенію возрастаетъ въ об-

ратномъ отношеніи квадрата ихъ взаимнаго разстоянія. Такимъ образомъ, помощію промежуточной жидкости, силы, которыхъ дѣйствіе чувствительно только на незамѣтныхъ разстояніяхъ, производятъ силу распространяющуюся на разстоянія замѣтныя, слѣдуя закону всемірнаго тяготѣнія.

Если обѣ плоскости сдѣланы изъ различныхъ матеріаловъ и притомъ таковы, что жидкость понижается на внѣшней сторонѣ одной изъ нихъ, на столько же на сколько она поднимается на внѣшности другой; то онѣ будутъ взаимно отталкиваться. Поверхность жидкости въ ихъ внутренности будетъ представлять линію склона, горизонтальную и въ уровень съ поверхностію внѣшней жидкости. Внутри, жидкость будетъ менѣе возвышена близъ плоскости ее поднимающей, чѣмъ снаружи; а мы видѣли что давленіе будетъ тогда сильнѣе со стороны, съ которой жидкость менѣе возвышена. Подобнымъ же образомъ, жидкость, будучи болѣе понижена снаружи плоскости ее понижающей, чѣмъ внутри, внутреннее давленіе будетъ больше. Слѣдовательно, обѣ плоскости стремятся удалиться одна отъ другой, и это стремленіе имѣетъ мѣсто не смотря на степень ихъ сближенія.

Совсѣмъ другое будетъ при существованіи разности между возвышеніемъ жидкости снаружи одной изъ плоскости и пониженіемъ ея снаружи другой плоскости. Анализъ показываетъ, что они первоначально отталкиваются, и что, продолжая сближать ихъ, это кажущееся отталкиваніе наконецъ переходитъ въ притяженіе, постоянно возрастающее по мѣрѣ ихъ сближенія, а жидкость безпредѣльно понижается или возвышается внутри ихъ. Во всѣхъ случаяхъ — будутъ ли плоскости отталкиваться или притягиваться—хотя онѣ дѣйствуютъ одна на другую только волоснымъ дѣйствіемъ, дѣйствіе будетъ всегда равно противудѣйствію.

Многочисленные опыты подтвердили всѣ эти различные результаты теоріи.

Наконецъ, всплываніе тѣлъ на поверхности жидкостей удѣльно легчайшихъ, есть волосное явленіе, которое можно подвергнуть анализу.

Оно имѣетъ мѣсто только въ случаяхъ, когда такія тѣла, ихъ волоснымъ дѣйствіемъ, отталкиваютъ жидкость: тогда, понятно, что они должны, для равновѣсія, замѣнить собственнымъ вѣсомъ, вѣсъ оттолкнутой жидкости. Вообще, увеличеніе вѣса тѣла произвольной формы, произведенное волоснымъ дѣйствіемъ, равно вѣсу объема жидкости поднятой тѣмъ волоснымъ дѣйствіемъ надъ уровнемъ; а если жидкость отталкивается внизъ, то увеличеніе вѣса превращается въ уменьшеніе и вѣсъ уравновѣшеннаго тѣла будетъ тогда равенъ вѣсу объема жидкости, равнаго вытѣсненному тѣломъ, по пространству ли имъ занимаемому ниже уровня, или по пространству оставляемому имъ пустымъ, при оттолкновеніи жидкости волоснымъ дѣйствіемъ.

Это начало обнимаетъ извѣстное начало гидростатики относительно уменьшенія вѣса тѣла погруженнаго въ жидкость: стоитъ только исключить изъ него то, что относится къ волосному дѣйствію, вполнѣ исчезающему, когда тѣло вполнѣ погружено въ жидкость, ниже ея уровня. Чтобы доказать это, вообразимъ вертикальный каналъ достаточно широкій, чтобы вмѣстить тѣло и весь чувствительный объемъ жидкости имъ поднимаемый или оставляемый пустымъ, посредствомъ волоснаго дѣйствія. Предположимъ, что этотъ каналъ, проникнувъ въ жидкость, сдѣлается горизонтальнымъ, и потомъ поднимется вертикально до поверхности жидкости, сохраняя постоянно одинаковую ширину. Ясно, что въ состояніи равновѣсія, тяжести заключающіяся въ двухъ вертикальныхъ колѣнахъ канала

должны быть равны; поэтому, должно чтобы тѣло своею удѣльною легкостію вознаграждало вѣсъ жидкости поднятой волоснымъ дѣйствіемъ; или, если это дѣйствіе понижаетъ жидкость, должно чтобы его удѣльная тяжесть вознаграждала пустоту тѣмъ дѣйствіемъ произведенную. Въ первомъ случаѣ, волосное дѣйствіе стремится погрузить тѣло въ жидкость; во второмъ же, это дѣйствіе поднимаетъ тѣло, которое, такимъ образомъ, можетъ поддерживаться на поверхности жидкости, хотя и будетъ удѣльно тяжелѣе послѣдней.

Такимъ же образомъ, весьма тонкій цилиндръ стали, соприкосновенію котораго съ водою препятствуетъ слой лака, или окружающій его слой воздуха, поддерживается на поверхности этой жидкости. Если, подобнымъ образомъ, помѣстить горизонтально на водѣ два равныхъ и параллельныхъ цилиндра, соприкасающихся такъ, что одинъ будетъ нѣсколько впереди другаго, то мы увидимъ, что они немедленно скользнутъ другъ къ другу дабы поровняться своими концами. Жидкость, будучи понижена на оконечностяхъ прикасающихся къ цилиндрамъ, болѣе чѣмъ на противоположныхъ оконечностяхъ, основанія послѣднихъ надавливаются болѣе двухъ другихъ основаній: слѣдовательно, каждый цилиндръ стремится болѣе и болѣе соединиться съ другимъ; а такъ какъ ускоряющія силы всегда двигаютъ систему тѣлъ, выведенную изъ состоянія равновѣсія, далѣе этого состоянія, то оба цилиндра должны попеременно опереживать другъ друга, совершая колебанія, которыя безпрерывно уменьшаясь сопротивленіями ими претерпѣваемыми, наконецъ уничтожаются. Эти цилиндры, достигнувъ тогда состоянія покоя, будутъ имѣть оконечности на одномъ и томъ же уровнѣ.

Явленія, представляемыя жидкою каплею, движующеюся или висящею въ равновѣсіи, въ конической волосной трубкѣ, или между двумя весьма мало наклоненными между собою плоскостями, пересѣченіе которыхъ горизонтально, весьма приличны для повѣрки теоріи.

Маленькій столбъ воды или виноспирта, въ конической стеклянной трубкѣ, открытой съ обѣихъ концовъ и держимой горизонтально, стремится къ вершинѣ трубки; и очевидно это должно быть такъ. Въ самомъ дѣлѣ, поверхность жидкаго столба вогнута на обѣихъ своихъ оконечностяхъ; но радіусъ этой поверхности менѣе со стороны вершины, чѣмъ со стороны основанія: поэтому, дѣйствіе жидкости на самую себя менѣе со стороны вершины и, слѣдовательно, столбъ долженъ стремиться къ этой сторонѣ. Если жидкость будетъ ртуть, то поверхность ея выпукла и ея радіусъ также меньше къ вершинѣ, чѣмъ къ основанію; но, по причинѣ выпуклости, дѣйствіе жидкости на самую себя сильнѣе къ вершинѣ, и столбъ долженъ стремиться къ основанію трубки: что и подтверждается наблюденіемъ.

Эти дѣйствія жидкости на самую себя можно уравновѣсить собственнымъ вѣсомъ столба, и держать его въ равновѣсіи, наклоняя ось трубки къ горизонту. Весьма простое вычисленіе показываетъ, что если длина столба мало-значительна и если трубка очень узка, то синусъ наклоненія оси къ горизонту, въ случаѣ равновѣсія, весьма приблизительно находится въ обратномъ отношеніи квадрата разстоянія средины столба отъ вершины конуса; и что онъ равенъ дроби, которой числитель это самое разстояніе, а знаменатель — высота, на которую поднялась бы жидкость въ цилиндрической трубкѣ, которой діаметръ былъ бы діаметромъ конуса по срединѣ столба.

Подобные же результаты имѣютъ мѣсто для жидкой капли, помѣщенной между двумя плоскостями, касающимися своими краями (которые предположены горизонталь-

ными), составляя между собою уголъ равный углу образованному осью конуса и его сторонами. Наклоненіе къ горизонту плоскости раздѣляющей на равныя части уголъ образованный плоскостями, должно быть одинаково съ таковымъ же оси конуса, для того, чтобы капля осталась въ равновѣсіи.

Опыты, сдѣланные по этому предмету, подтверждаютъ результаты теоріи.

Фигура жидкостей, заключающихся между плоскостями, образующими между собою произвольные углы; фигуры жидкихъ капель, опирающихся на плоскость; истеченіе жидкостей чрезъ волосные системы и множество другихъ такихъ же явленій, подобно вышеисчисленнымъ, были подвергнуты анализу. Согласіе его результатовъ съ опытомъ доказываетъ неопровержимымъ образомъ существованіе во всѣхъ тѣлахъ частичнаго притяженія, уменьшающагося съ чрезвычайною быстротою, и которое, видоизмѣняясь въ жидкостяхъ фигурою узкихъ пространствъ ихъ заключающихъ, производитъ всѣ явленія волосности.

Какъ скоро эти явленія были приведены къ математической теоріи, сдѣлалось необходимымъ, для строгаго сравненія ея съ природою, получить по этому предмету рядъ весьма точныхъ опытовъ. Необходимость такихъ опытовъ чувствуется сильнѣе, по мѣрѣ того, какъ усовершенствованіе физики вводитъ ее въ область анализа. Тогда, можно сравненіемъ опытовъ съ теоріями, возвести послѣднія на высочайшую степень достовѣрности, доступную физическимъ наукамъ. Опыты, сдѣланные по моей просьбѣ Гэ-Люссакомъ, надъ дѣйствіями волосности, опыты, которыми онъ умѣлъ придать всю точность астрономическихъ наблюденій, доставили упомянутое преимущество теоріи нами изложенной.

Дойдя до истинной причины явленій, любопытно оглянуться назадъ и посмотрѣть до какой степени приближаются къ ней ипотезы, придуманныя для объясненія.

Ньютонъ, въ вопросахъ оканчивающихъ его *Оптику*, очень распространился о волосныхъ явленіяхъ. Онъ весьма хорошо видѣлъ, что они зависятъ отъ притягательныхъ силъ, ослабляемыхъ разстояніемъ, съ чрезвычайною быстротою. То, что онъ говоритъ о химическихъ сродствахъ ими производимыхъ, весьма замѣчательно для его времени и подтвердилось, въ большей части, трудами новѣйшихъ химиковъ. Но этотъ великій геометръ не далъ методы помощію которой можно бы подвергнуть анализу волосныя дѣйствія тѣхъ силъ. Впослѣдствіи, Жюренъ (*) пытался привести къ общему началу восхожденіе жидкостей въ весьма узкихъ трубкахъ. Онъ приписываетъ восхожденіе воды въ стеклянной трубкѣ притяженію кольца трубки прилегающаго къ водѣ, потому что, говоритъ онъ, «только отъ этой части трубки вода должна удаляться «понижаясь; слѣдовательно, она одна, силою своего при- «тяженія, сопротивляется ея опусканію. Эта причина про- «порціональна своему дѣйствію, потому что эта окруж- «ность и висящій столбъ воды оба пропорціональны діа- «метру трубки».

Но начало пропорціональности дѣйствій къ причинамъ должно употреблять только относительно первоначальныхъ причинъ, а не относительно результатовъ сихъ послѣднихъ. Такъ, допуская даже что одно стеклянное кольцо, прилипая къ поверхности воды, составляетъ причину возвышенія этой жидкости, не должно заключать изъ этого, что поднятая тяжесть должна быть пропорціональна діаметру упомянутаго кольца; потому что нельзя узнать силу этого кольца иначе какъ слагая силы всѣхъ его частей.

(*) Jurin.

Клеро̀, изслѣдовавшій этотъ предметъ въ своей «Теоріи фигуры земли», замѣняетъ Жюреневу ипотезу, точнымъ анализомъ всѣхъ силъ удерживающихъ столбъ воды висящимъ въ равновѣсіи, въ безконечно узкомъ каналѣ, проходящемъ чрезъ ось трубки. Но онъ не объяснилъ главнаго волоснаго явленія, именно, возвышенія и пониженія жидкостей обратно пропорціонально внутреннему діаметру весьма узкихъ трубокъ. Онъ удовлетворился бездоказательнымъ замѣчаніемъ, что безконечное число законовъ притяженія могутъ производить это явленіе. Сдѣланное имъ предположеніе, что дѣйствіе стекла, чувствительное даже на частичкахъ воды, находящихся въ оси трубки, должно было удалить его отъ истиннаго объясненія явленія; но замѣчательно, что если бы онъ началъ съ ипотезы притяженія нечувствительнаго на замѣтныхъ разстояніяхъ, и если бы онъ приложилъ къ частичкамъ, находящимся въ кругѣ дѣйствія частей трубки, анализъ силъ, употребленный имъ для частичекъ на оси, то онъ пришелъ бы не только къ результату Жюреня, но еще и къ тѣмъ, которые мы получили помощію втораго способа, которымъ мы разсматривали волосныя явленія. Эта метода показываетъ, что если жидкость совершенно смачиваетъ трубку, можно вообразить что часть трубки возвышающаяся надъ поверхностію жидкости на незамѣтное количество, побуждаетъ ее возвышаться и поддерживаетъ ее висящею въ равновѣсіи, когда вѣсъ поднятаго столба уравновѣшиваетъ притяженіе упомянутаго кольца трубки. Не самое кольцо въ прикосновеніи съ жидкостію, какъ увѣряетъ Жюрень, производитъ эти дѣйствія, потому что дѣйствіе того кольца горизонтальное; эти явленія доказываютъ что взаимное дѣйствіе трубки и жидкости не останавливается на поверхностяхъ. Но начало Жюреня, хотя и неточное, привело его къ истинному слѣдствію, именно,

что вѣсъ жидкаго столба пропорціоналенъ окружности нижняго основанія трубки, это слѣдствіе должно вообще распространить на призматическую трубку, какова бы ни была ея внутренняя форма и отношеніе притяженія ея частичекъ на жидкость, къ притяженію жидкихъ частичекъ на самихъ себя.

Сходство поверхности жидкостей содержащихся въ волосныхъ пространствахъ, и жидкихъ капель, съ поверхностями которыми занимались геометры въ эпоху начала изчисленія безконечныхъ, подъ названіемъ *линейныхъ*, *упругихъ*, привело, естественнымъ образомъ, многихъ физиковъ къ разсматриванію жидкостей, какъ бы окруженныхъ подобными поверхностями, которыя по своему напряженію (tension) и упругости даютъ жидкостямъ формы указанныя опытомъ. Сегнеръ (*), одинъ изъ первыхъ имѣвшихъ эту идею, очень хорошо чувствовалъ, что она была только вымысломъ (fiction) или произвольнымъ предположеніемъ удобнымъ для представленія явленій, но что это предположеніе не могло быть допущено иначе какъ въ той мѣрѣ, какъ оно связывалось съ закономъ нечувствительнаго притяженія на замѣтныхъ разстояніяхъ. Онъ пытался установить сказанную зависимость; но слѣдуя за его умозаключеніями нетрудно узнать ея неточность; и доказательствомъ тому служатъ результаты, къ которымъ онъ былъ приведенъ, результаты не соглашающіеся ни съ анализомъ, ни съ природою. Впрочемъ изъ замѣтки, которою оканчиваются его изысканія, видно, что онъ самъ былъ ими недоволенъ. Однакожь, должно отдать ему справедливость, что онъ находился на пути, который долженъ былъ привести его къ общей теоріи волосныхъ явленій.

Когда я занимался этимъ предметомъ, Томасъ Юнгъ(**),

(*) Segner.
(**) Tomas Ioung.

съ своей стороны, дѣлалъ надъ нимъ весьма остроумныя изслѣдованія, помѣщенныя въ «Философскихъ транзакціяхъ» (*). Вмѣстѣ съ Сегнеромъ, онъ сравниваетъ волосную силу съ напряженіемъ жидкой поверхности, принимая въ соображеніе ея кривизну въ двухъ перпендикулярныхъ между собою направленіяхъ, и, въ добавокъ, онъ предполагаетъ, что эта поверхность всегда пересѣкаетъ стѣнки волосныхъ пространствъ подъ опредѣленнымъ угломъ для одинаковыхъ веществъ, какова бы впрочемъ ни была поверхность этихъ стѣнокъ; что справедливо (точно) только на предѣлахъ круга чувствительнаго дѣйствія этихъ веществъ, и перестаетъ быть точнымъ даже за этими предѣлами, когда жидкость будетъ на окраинахъ стѣнокъ, какъ мы уже видѣли относительно поверхностей трубокъ и дисковъ ихъ поднимающихъ. Но Юнгъ, подобно Сегнеру, не пытался вывести своихъ ипотезъ изъ частичнаго притяженія, что необходимо для ихъ осуществленія. Эти ипотезы могли осуществиться только доказательствомъ подобнымъ тому, которое я привелъ въ моей первой методѣ, съ которой связываются объясненія Сегнера и Юнга, точно какъ объясненіе Жюреня связывается съ вторымъ способомъ, помощію котораго я разсматривалъ упомянутый родъ явленій.

Я распространился о волосныхъ явленіяхъ потому что, независимо отъ собственнаго ихъ интереса, ихъ теорія проливаетъ сильный свѣтъ на взаимныя притяженія частичекъ тѣлъ, которыхъ они представляютъ весьма легкія видоизмѣненія. Въ самомъ дѣлѣ, вычисленіе показываетъ намъ, что волосное дѣйствіе происходитъ отъ притягательной силы, и находится къ ней въ отношеніи гораздо меньшемъ, чѣмъ отношеніе радіуса круга чувствительнаго дѣйствія этой силы къ радіусу кривизны волосной поверхности. Такимъ образомъ, предположивъ послѣднее отношеніе равнымъ $\frac{1}{10000}$, притягательная сила воды на самую себя будетъ въ 20000 разъ превосходить волосное дѣйствіе этой жидкости въ стеклянной трубкѣ, имѣющей ширину въ 1 миллиметръ, дѣйствіе, по опыту, равняющееся столбу воды въ 30 миллиметровъ. Эта сила превосходитъ давленіе водянаго столба въ 600 метровъ.

(*) *Philosophical Transactions*, извѣстное ученое періодическое изданіе Британскаго Общества Наукъ. *Прим. перев.*

Такое значительное давленіе сильно сжимаетъ нижніе слои сказанной жидкости и увеличиваетъ ихъ плотность, которая, по этой причинѣ, должна превосходить плотность отдѣльнаго слоя воды, имѣющаго толщину меньшую, чѣмъ кругъ чувствительнаго дѣйствія ея частичекъ. Невѣроятно ли предположить, что это и есть случай водяной оболочки пузырчатыхъ паровъ (vapeurs vésiculaires), которые чрезъ то дѣлаются гораздо легчайшими?

Частичное притяженіе составляетъ причину аггрегаціи или скопленія (aggrégation) однородныхъ частичекъ и твердости тѣлъ. Оно служитъ также источникомъ сродства разнородныхъ частичекъ. Подобно тяжести, оно не останавливается на поверхности тѣлъ, но проникаетъ ихъ, дѣйствуя за предѣлами прикосновенія на незамѣтныхъ разстояніяхъ. Волосныя явленія доказываютъ это съ очевидностію. Отъ этого зависитъ вліяніе массъ въ химическихъ сродствахъ, или способность насыщенія, которой дѣйствія такъ счастливо развилъ Бертолле (*). Такъ, двѣ кислоты, дѣйствуя на одно и тоже основаніе, раздѣляютъ его между собою пропорціонально своему сродству къ этому основанію; этого бы не случилось, еслибы сродство дѣйствовало только въ точкахъ прикосновенія, ибо тогда сильнѣйшая кислота удержала бы все основаніе. Фигура частичекъ,

(*) Berthollet.

электричество, теплота, свѣтъ и другія причины, въ соединеніи съ вышеприведеннымъ общимъ закономъ, видоизмѣняютъ его дѣйствія. Опыты Гэ-Люссака надъ волосными явленіями смѣшеній изъ различныхъ пропорцій воды и виноспирта указываютъ, по видимому, на эти видоизмѣненія; потому что эти явленія не въ точности слѣдуютъ законамъ выводимымъ изъ взаимныхъ притяженій двухъ смѣшанныхъ между собою жидкостей, и изъ удѣльныхъ вѣсовъ.

Здѣсь представляется интересный вопросъ.

Законъ частичнаго притяженія, относительно разстояніямъ, одинаковъ ли для всѣхъ тѣлъ?

Это, по видимому, слѣдуетъ изъ общаго явленія замѣченнаго Ритеромъ и состоящаго въ томъ, что отношенія основаній, насыщающихъ кислоты, одинаковы для всѣхъ кислотъ. Въ этомъ случаѣ, законъ волосности также будетъ одинаковъ для всѣхъ жидкостей.

Частички твердаго тѣла имѣютъ положеніе въ которомъ ихъ сопротивленіе измѣненію состоянія бываетъ наибольшее. Каждая частичка, будучи безконечно мало выведена изъ этого положенія, стремится возвратиться къ нему вслѣдствіе силъ ее побуждающихъ. Въ этомъ и состоитъ упругость, которой присутствіе можно предположить во всѣхъ тѣлахъ, когда фигура ихъ измѣняется крайне мало. Но если взаимное состояніе частичекъ претерпѣваетъ значительную перемѣну, то эти частички находятъ новыя состоянія прочнаго равновѣсія. Это случается, напримѣръ, съ металлами, послѣ холодной ковки, и вообще съ тѣлами которыя, по своей мягкости, способны сохранять всякія формы сообщенныя имъ давленіемъ. Мнѣ кажется, что крѣпость тѣлъ и ихъ вязкость составляютъ только сопротивленіе частичекъ упомянутымъ перемѣнамъ въ состояніи равновѣсія. Разширительная сила теплоты, будучи противуположна притягательной силѣ частичекъ,

все болѣе и болѣе уменьшаетъ ихъ вязкость или взаимное прилипаніе, своими постепенными возрастаніями; и когда частички тѣла представляютъ наконецъ только весьма слабое сопротивленіе ихъ взаимнымъ перемѣщеніямъ внутри и на поверхности того тѣла, то оно становится жидкимъ. Однакожь, его вязкость, хотя весьма ослабленная, еще существуетъ до тѣхъ поръ, пока возвышеніемъ температуры она сдѣлается нечувствительною или равною нулю. Тогда, каждая частичка встрѣчая, во всѣхъ своихъ положеніяхъ, одинаковыя притягательныя силы и одинаковую отталкивающую силу теплоты, уступаетъ самому слабому давленію и капельное тѣло (fluide) пользуется совершенною жидкостію.

Можно съ вѣроятностію предполагать, что это имѣетъ мѣсто для жидкостей, которыя, какъ виноспиртъ, имѣютъ температуру несравненно высшую той при которой они начинаютъ замерзать. Въ этихъ то жидкостяхъ, законы волосныхъ явленій, равно какъ и законы равновѣсія и движенія жидкостей, наблюдаются съ большою точностію, ибо силы, отъ которыхъ зависятъ волосныя явленія, такъ малы, что малѣйшее препятствіе, какъ, на примѣръ, вязкость жидкостей и ихъ треніе о стѣнки ихъ заключающія, достаточно для чувствительнаго видоизмѣненія ихъ дѣйствій.

Вліяніе фигуры частичекъ весьма замѣчательно въ явленіяхъ замерзанія и кристаллизаціи, которыя можно сильно ускорить, погружая въ жидкость кусокъ льда или кристалла образованнаго изъ той же жидкости. Частички поверхности этого твердаго тѣла представляются прикасающимся къ нимъ жидкимъ частичкамъ, въ самомъ выгоднѣйшемъ, для ихъ взаимнаго соединенія, состояніи. Понятно, что, при увеличеніи разстоянія, вліяніе фигуры должно уменьшаться гораздо быстрѣе самого притяженія.

Такъ, въ небесныхъ явленіяхъ, зависящихъ отъ фигуры планетъ, каковы—приливъ и отливъ моря, и предвареніе равноденствій, упомянутое вліяніе уменьшается въ отношеніи куба разстоянія, тогда какъ притяженіе ослабѣваетъ только въ отношеніи квадрата разстоянія.

По этому, кажется, что твердое состояніе зависитъ отъ притяженія частичекъ, соединеннаго съ ихъ фигурою, такъ что кислота оказывая на одно основаніе меньшее притяженіе на разстояніи, чѣмъ на другое основаніе, соединяется и кристаллизуется преимущественно съ первымъ, если по формѣ своихъ частичекъ, прикосновеніе ея къ тому основанію гораздо плотнѣе или ближе (plus intime). Вліяніе фигуры, еще чувствительное въ вязкихъ жидкостяхъ, ничтожно или исчезаетъ въ тѣхъ которыя пользуются совершенною жидкостію (fluidité). Наконецъ, все заставляетъ думать, что въ газообразномъ состояніи, не только вліяніе фигуры частичекъ, но и самое вліяніе ихъ притягательныхъ силъ нечувствительно въ отношеніи къ отталкивающей силѣ теплоты. Эти частички кажется представляютъ тогда только препятствіе къ расширенію (expansion) этой силы; ибо, въ большомъ числѣ случаевъ, можно, не измѣняя напряженія газа заключеннаго въ данномъ пространствѣ, замѣнить различныя его части, частями другаго газа, равными по объему. По этой то причинѣ, различныя газы, находясь въ соприкосновеніи, съ теченіемъ времени перемѣшиваются равномѣрнымъ образомъ, ибо тогда только они приходятъ въ прочное состояніе равновѣсія. Если одинъ изъ такихъ газовъ будетъ водяной паръ, то равновѣсіе будетъ прочно только въ случаѣ, если тотъ разсѣянный паръ будетъ въ равномъ или меньшемъ количествѣ противу того же пара, который, при той же температурѣ, распространился бы въ пустомъ пространствѣ, равномъ занимаемому смѣшеніемъ. Если паръ въ большемъ количествѣ, то, для прочности равновѣсія, избытокъ долженъ сгуститься въ капельную жидкость.

Соображеніе прочности равновѣсія системы частичекъ взаимно дѣйствующихъ одна на другую своими притягательными силами, весьма полезно для объясненія множества явленій. Точно также какъ въ системѣ твердыхъ и жидкихъ тѣлъ одаренныхъ тяжестію, механика показываетъ намъ различныя состоянія прочнаго равновѣсія; химія представляетъ, въ соединеніи тѣхъ же началъ, различныя постоянныя состоянія. Иногда, два первыя начала соединяются между собою, и частички образованныя ихъ соединеніемъ, сами соединяются съ частичками третьяго начала: таково, по всей вѣроятности, соединеніе составныхъ началъ кислоты съ основаніемъ. Въ другихъ случаяхъ, начала какого либо вещества, не будучи соединены между собою такъ какъ они соединены въ томъ веществѣ, соединяются съ другими началами и образуютъ съ ними тройныя или четверныя соединенія, такъ что упомянутое вещество полученное химическимъ анализомъ будетъ тогда произведеніемъ сего послѣдняго.

Тѣже самыя частички могутъ еще соединяться различными сторонами и образовать кристалы, различные по формѣ, крѣпости, удѣльному вѣсу и дѣйствію ихъ на свѣтъ. Наконецъ, мнѣ кажется, условіе прочнаго равновѣсія есть то что опредѣляетъ постоянныя отношенія по которымъ различныя начала соединяются въ большомъ числѣ случаевъ, отношенія, которыя, по опыту, кажутся часто самыми простѣйшими и отъ числа къ числу. Всѣ эти явленія зависятъ отъ формы элементарныхъ или начальныхъ частичекъ, отъ законовъ ихъ притягательныхъ силъ и отъ отталкивающей силы электричества и теплоты, а, можетъ быть, и отъ другихъ еще неизвѣстныхъ силъ. Незнаніе наше относительно этихъ данныхъ и ихъ крайняя слож-

ность не позволяютъ подвергнуть ихъ результатовъ математическому анализу. Но это вознаграждается сближеніемъ хорошо наблюденныхъ фактовъ, и достиженіемъ, чрезъ ихъ сравненіе, до общихъ отношеній, которыя, связывая между собою большое число явленій, составляютъ основаніе химическихъ теорій, распространяютъ и усовершенствуютъ ихъ приложенія къ искусствамъ.

Видя, что всѣ части матеріи подвержены дѣйствію притягательныхъ силъ, изъ которыхъ одна разливается неопредѣленно въ пространствѣ, тогда какъ другія перестаютъ быть замѣтными на малѣйшихъ разстояніяхъ, доступныхъ нашимъ чувствамъ; можно спросить — не составляютъ ли послѣднія силы видоизмѣненія первой, вслѣдствіе фигуры и взаимныхъ разстояній частичекъ тѣлъ? Чтобы допустить эту ипотезу, должно предположить размѣры этихъ частичекъ столь малыми въ отношеніи къ промежуткамъ ихъ раздѣляющимъ, что ихъ плотность будетъ несравненно больше средней плотности ихъ совокупности (то есть тѣла ими образуемаго). Сферическая частичка съ радіусомъ равнымъ $\frac{1}{1000000}$ части метра, должна бы имѣть плотность въ шесть милліардовъ разъ большую, чѣмъ средняя плотность земли, для того, чтобы оказывать на ея поверхности притяженіе равное земной тяжести. Притягательныя силы тѣлъ значительно превосходятъ эту тяжесть, потому-то они видимо уклоняютъ свѣтъ, котораго направленіе не измѣняется чувствительно притяженіемъ земли. Плотность частичекъ превосходила бы несравненно плотность тѣлъ, если бы ихъ сродства были бы только видоизмѣненіемъ всемірнаго тяготѣнія. Впрочемъ, ничто не мѣшаетъ принять этотъ способъ возрѣнія на всѣ тѣла. Многія явленія, и, между прочимъ, легкость съ которою свѣтъ проникаетъ по всѣмъ направленіямъ сквозь прозрачныя тѣла, очень благопріятствуютъ сказанному воззрѣнію. Впрочемъ, въ чрезвычайномъ разрѣженіи кометныхъ хвостовъ, мы имѣемъ разительный примѣръ почти безконечной скважности паровидныхъ веществъ; а ничуть не нелѣпо предполагать, что плотность земныхъ тѣлъ есть средняя между безусловною (абсолютною) плотностію и плотностію газовъ. Тогда сродства будутъ зависѣть отъ стороны недѣлимыхъ частичекъ и отъ ихъ взаимныхъ положеній; и можно бы, разнообразіемъ этихъ формъ, объяснить всѣ виды притягательныхъ силъ, и привести, такимъ образомъ, къ одному общему закону всѣ явленія физики и астрономіи. Но невозможность узнать фигуры частичекъ и ихъ взаимныя разстоянія, дѣлаетъ подобныя объясненія неопредѣленными и безполезными для успѣховъ наукъ.

КНИГА ПЯТАЯ.

Очеркъ исторіи астрономіи.

Multi pertransibunt et augebitur scientia.
Bacon.

Мы изложили главнѣйшие результаты системы міра, по самому прямому и простѣйшему аналитическому порядку. Мы сперва разсмотрѣли видимости небесныхъ движеній; и ихъ сравненіе привело насъ къ истиннымъ движеніямъ ихъ производящимъ. Чтобы вознестись до начала управляющаго этими движеніями, нужно было узнать законы движенія матеріи, и мы подробно развили ихъ. Прилагая ихъ потомъ къ тѣламъ солнечной системы, мы нашли, что между ними и даже между ихъ малѣйшими частичками существуетъ притяженіе прямо пропорціональное массамъ и обратно квадрату разстояній. Нисходя, наконецъ, отъ этой всеобщей причины къ ея дѣйствіямъ, мы видѣли какъ раждаются не только всѣ явленія извѣстныя астрономамъ, или ими предусматриваемыя, но и множество другихъ совершенно новыхъ и повѣренныхъ опытомъ.

Но не такимъ путемъ умъ человѣческій достигнулъ до этихъ открытій. Вышеизложенный порядокъ предполагаетъ, что мы имѣемъ предъ глазами цѣлое собраніе, всю совокупность древнихъ и новыхъ наблюденій; а для ихъ сравненія и вывода изъ нихъ законовъ небесныхъ движеній и причинъ ихъ неравенствъ, мы употребляемъ въ дѣло всѣ средства представляемыя въ наше время ана-

лизомъ и механикою. Но эти двѣ отрасли нашихъ знаній усовершенствовались послѣдовательно съ астрономіею, и ихъ состояніе, въ различныя эпохи, имѣло необходимое вліяніе на астрономическія теоріи. Многія ипотезы были вообще всѣми приняты, хотя они прямо противурѣчили основнымъ законамъ механики, тогда еще неизвѣстнымъ; и въ этой-то неизвѣстности (или скорѣе невѣжествѣ) были возбуждены противу истинной системы міра, повсюду выставлявшейся въ явленіяхъ, затрудненія, долгое время препятствовавшія ея познанію. Такимъ образомъ, ходъ астрономіи былъ запутанъ, неточенъ; и истины, которыми она обогатилась, часто соединялись съ заблужденіями, которыя отдѣлены отъ нея временемъ, наблюденіями и успѣхами вспомогательныхъ наукъ.

Мы представляемъ здѣсь очеркъ исторіи астрономіи. Мы покажемъ въ немъ эту науку, находившуюся, въ теченіе большаго числа вѣковъ, въ младенчествѣ, изъ котораго она вышла и возросла въ александрійской школѣ. Затѣмъ наступилъ для нея періодъ застоя, до временъ арабовъ, усовершенствовавшихъ ее своими трудами. Наконецъ, оставивъ Африку и Азію, свою родину, астрономія пріобрѣла осѣдлость въ Европѣ и здѣсь, менѣе чѣмъ въ три вѣка, возвысилась до настоящаго своего положенія.

Эта картина успѣховъ возвышеннѣйшей изъ всѣхъ естественныхъ наукъ, заставитъ простить уму человѣческому заблужденія астрологіи, которая, съ древнѣйшихъ временъ, повсюду владѣла людскою слабостію и навсегда истреблена успѣхами астрономіи.

ГЛАВА ПЕРВАЯ.

О ДРЕВНЕЙ АСТРОНОМІИ, ДО ОСНОВАНІЯ АЛЕКСАНДРІЙСКОЙ ШКОЛЫ.

Зрѣлище неба должно было обращать на себя вниманіе первыхъ людей, особенно въ климатахъ, гдѣ прозрачность воздуха приглашала къ наблюденію свѣтилъ. Для земледѣлія нужно было различать времена года и знать эпохи ихъ возвращенія. Вскорѣ, замѣтили, что восхожденіе и захожденіе главныхъ звѣздъ въ тѣ эпохи, когда они погружаются въ солнечные лучи, или изъ нихъ освобождаются, могутъ служить для вышесказанной цѣли. Поэтому, почти у всѣхъ народовъ, мы видимъ, что этого рода наблюденія восходятъ до временъ во мракѣ которыхъ теряется ихъ происхожденіе. Но нѣсколько грубыхъ замѣтокъ относительно восхода и заката звѣздъ не составляютъ еще науки, и астрономія началась только въ эпоху, когда предшествующія наблюденія были собраны воедино и сравнены между собою, а за небесными движеніями стали слѣдить гораздо тщательнѣе прежняго, и послѣ всего этого стали пытаться вывести законы тѣхъ движеній. Движеніе солнца по орбитѣ наклоненной къ экватору, таковое же луны, причина ея фазисовъ и затмѣній, познаніе планетъ и ихъ обращеній, шаровидность земли и ея измѣренія могли быть предметомъ древнѣйшей астрономіи; но немногіе остатки этихъ памятниковъ, уцѣлѣвшіе до нашего времени, недостаточны для опредѣленія ихъ эпохи и обширности. Мы только можемъ судить о ихъ глубокой древности по дошедшимъ до насъ астрономическимъ періодамъ, предполагающимъ рядъ наблюденій тѣмъ должайшій, чѣмъ эти наблюденія были несовершеннѣе. Такова превратность обстоятельствъ человѣческихъ, что

искусство могущее одно передать, прочнымъ образомъ, потомству событія минувшихъ вѣковъ — книгопечатаніе, будучи новѣйшимъ открытіемъ, не могло сохранить намъ повѣствованія о первыхъ изобрѣтателяхъ и о первыхъ открытіяхъ, воспоминаніе о которыхъ совершенно изгладилось. Великіе народы исчезли, не оставивъ на своемъ пути никакихъ слѣдовъ своего существованія. Большая часть знаменитѣйшихъ городовъ древности погибла, вмѣстѣ съ ихъ лѣтописями и даже съ языкомъ, которымъ говорили ихъ жители. Мы едва знаемъ мѣсто, гдѣ стоялъ Вавилонъ. О множествѣ памятниковъ искусства и промышленности, украшавшихъ древніе города и слывшихъ чудесами міра, осталось одно только смутное преданіе и разбросанные развалины, которыхъ самое происхожденіе чаще всего сомнительно, но которыхъ величественность свидѣтельствуетъ о могуществѣ народа, воздвигнувшаго тѣ памятники.

Кажется, практическая астрономія первобытныхъ временъ ограничивалась наблюденіями восхожденія и захожденія замѣчательнѣйшихъ звѣздъ, ихъ покрытій луною и планетами, а также затмѣній солнца и луны. За движеніемъ солнца слѣдовали помощію звѣздъ исчезавшихъ въ свѣтѣ сумерекъ и измѣненій полуденныхъ тѣней гномоновъ. Движенія планетъ опредѣлялись помощію звѣздъ, къ которымъ онѣ приближались въ своихъ теченіяхъ. Для узнаванія всѣхъ этихъ свѣтилъ и ихъ разнообразныхъ движеній раздѣлили небо на созвѣздія. Небесный поясъ, отъ котораго солнце, луна и извѣстныя въ древности планеты никогда не удаляются, былъ названъ *зодіакомъ*. Его раздѣлили на двѣнадцать созвѣздій, обозначенныхъ слѣдующими названіями:

Овенъ, Телецъ, Близнецы,
Ракъ, Левъ, Дѣва,

Вѣсы, Скорпіонъ, Стрѣлецъ,
Козерогъ, Водолей, Рыбы.

Эти созвѣздія назвали *знаками* зодіака, потому что они служили для различенія временъ года. Такъ, вступленіе солнца въ созвѣздіе Овна обозначало, во времена Иппарха, начало весны. Дневное свѣтило проходило потомъ по Тельцу, Близнецамъ, Раку, и т. д. Но отступательное движеніе равноденствій измѣнило, хотя и медленнымъ образомъ, соотвѣтственность созвѣздій съ временами года; и въ эпоху упомянутаго великаго астронома, эта соотвѣтственность была уже очень отлична отъ установленной въ началѣ учрежденія зодіака. Такъ какъ астрономія, въ своемъ усовершенствованіи, встрѣчала надобность въ знакахъ для указанія движеній свѣтилъ, то, подобно Иппарху, продолжали означать начало весны вступленіемъ солнца въ знакъ Овна. Тогда стали различать созвѣздія отъ знаковъ зодіака, которые перестали заключать въ себѣ вещественность, а остались однимъ воображаемымъ понятіемъ служащимъ для обозначенія теченія небесныхъ свѣтилъ. Теперь, когда мы стремимся привести все къ простѣйшимъ понятіямъ и выраженіямъ, перестаютъ уже принимать въ соображеніе знаки зодіака, а положеніе свѣтилъ на эклиптикѣ обозначаютъ ихъ разстояніемъ отъ весенняго равноденствія.

Названія созвѣздій зодіака даны были не случайно: они выражали отношенія, послужившія предметомъ множества системъ и изслѣдованій. Нѣкоторыя изъ этихъ названій кажется относились къ движенію солнца. Напримѣръ, *Ракъ* и *Козерогъ* указывали на обратное движеніе дневнаго свѣтила въ солнцестояніяхъ; *Вѣсы* обозначало равенство дня и ночи въ равноденствіе. Другія имена относились къ земледѣлію и климату народа, которому принадлежитъ установленіе зодіака. *Козерогъ* кажется былъ бы приличнѣе

помѣщенъ въ высшей точкѣ солнечнаго пути, чѣмъ въ низшей. Онъ находился въ первомъ изъ этихъ положеній около пятнадцати тысячъ лѣтъ тому назадъ: тогда *Вѣсы* были въ весеннемъ равноденствіи и вообще зодіакальныя созвѣздія имѣли разительныя отношенія съ климатомъ Египта и его земледѣліемъ. Всѣ эти отношенія существовали бы понынѣ, если бы созвѣздія зодіака, вмѣсто того, чтобы получить названія по ихъ восходу вмѣстѣ съ солнцемъ, или въ началѣ дня, были бы названы по ихъ восходу при наступленіи ночи. Такъ, напримѣръ, восходъ Вѣсовъ, въ послѣднее сказанное время, обозначалъ бы начало весны. Начало зодіака, которое бы не восходило тогда далѣе двадцати пяти вѣковъ до нашего лѣтосчисленія, несравненно лучше предыдущаго согласовалось бы съ немногими нашими свѣдѣніями о древности наукъ и преимущественно астрономіи.

Изъ лѣтописей всѣхъ народовъ, китайскія представляютъ намъ древнѣйшія наблюденія, могущія быть употребленными въ астрономіи. Первыя изъ упоминаемыхъ въ нихъ затмѣній могутъ служить только для хронологіи, по причинѣ неопредѣленности ихъ описанія. Но они доказываютъ, что въ эпоху императора Яо, болѣе чѣмъ за двѣ тысячи лѣтъ до Р. Хр., астрономія существовала въ Китаѣ, какъ основаніе для церемоній. Календарь и предсказаніе затмѣній были важными предметами, для которыхъ былъ учрежденъ особый математическій приказъ или трибуналъ. Въ то время, наблюдали полуденныя тѣни гномона въ солнцестоянія, и прохожденія звѣздъ чрезъ меридіанъ; измѣряли время клепсидрами (*), и опредѣляли въ затмѣніяхъ положеніе луны относительно звѣздъ, что давало звѣздныя положенія солнца и солнцестоянія. Были

(*) Песочными часами. *Прим. перев.*

даже устроены снаряды для измѣренія угловыхъ разстояній свѣтилъ.

Соединеніемъ всѣхъ этихъ способовъ, китайцы узнали, что длина солнечнаго года около $\frac{1}{4}$ сутокъ болѣе 365 дней: годъ ихъ начинался въ зимнее солнцестояніе. Ихъ гражданскій годъ былъ лунный, и чтобы привести его къ солнечному году, они прибѣгали къ періоду 19 солнечныхъ годовъ, соотвѣтствующихъ 235 луннымъ мѣсяцамъ, т. е. къ періоду равному въ точности тому, который, болѣе шестнадцати вѣковъ позже былъ введенъ Калиппомъ въ календарь грековъ.

Китайскіе мѣсяцы имѣли поочередно по 29 и по 30 дней, а ихъ лунный годъ состоялъ изъ 354 дней, и, слѣдовательно, былъ $11\frac{1}{4}$ днями короче ихъ солнечнаго года; но въ тѣ годы, въ которые сумма подобныхъ разностей превосходила цѣлый лунный мѣсяцъ, этотъ мѣсяцъ вставлялся въ лунный годъ.

Китайцы раздѣлили экваторъ на 12 неподвижныхъ знаковъ и 28 созвѣздій, въ которыхъ они тщательно опредѣлили положеніе солнцестояній. Вмѣсто вѣка у нихъ былъ періодъ въ 60 лѣтъ; а циклъ въ 60 дней замѣнялъ имъ недѣлю; но этотъ послѣдній семидневный циклъ, употребительный на всемъ Востокѣ, былъ имъ извѣстенъ съ самыхъ древнихъ временъ.

Дѣленіе окружности всегда было въ Китаѣ подчинено длинѣ года, такъ что солнце описывало ежесуточно ровно одинъ градусъ; но дѣленія градуса, сутокъ, вѣсовъ и всѣхъ линейныхъ мѣръ были десятичныя. Подобнаго рода примѣръ, данный по крайней мѣрѣ за четыре тысячи лѣтъ до нашего времени, многочисленнѣйшимъ народомъ на земномъ шарѣ, доказываетъ что такія дѣленія, представляющія впрочемъ множество преимуществъ, могутъ, войдя въ обычай, сдѣлаться вполнѣ народными.

Первыми, полезными для астрономіи наблюденіями, мы обязаны Чеу-Коню, къ памяти котораго донынѣ благоговѣютъ китайцы, какъ къ памяти одного изъ лучшихъ своихъ повелителей. Онъ былъ братомъ У-Уаня, основателя династіи Чеу, и управлялъ Китаемъ по смерти своего брата, во время малолѣтства своего племянника, отъ 1098 г. до 1104 г. ранѣе Р. Хр. Конфуцій, въ священной книгѣ китайцевъ — Шу-кинѣ, представляетъ Чеу-Коня дающимъ своему питомцу мудрѣйшія государственныя и нравственныя наставленія. Чеу-Конь самъ, и помощію своихъ астрономовъ, сдѣлалъ множество наблюденій, изъ которыхъ по счастію дошли до насъ три, драгоцѣнныхъ по своей глубокой древности. Два изъ этихъ наблюденій опредѣляютъ полуденныя длины гномоны, сдѣланные съ большимъ тщаніемъ въ лѣтнія и зимнія солнцестоянія, въ городѣ Лойянѣ. Они даютъ наклоненіе эклиптики, для той древней эпохи, совершенно согласное съ теоріею всемірнаго тяготѣнія. Третье наблюденіе относится къ положенію зимняго солнцестоянія въ небѣ, въ туже самую эпоху. Оно также согласуется съ теоріею, на сколько то возможно для употребленныхъ тогда способовъ опредѣленія столь деликатнаго элемента. Это замѣчательное сходство не позволяетъ сомнѣваться въ достовѣрности сказанныхъ наблюденій.

Сожженіе китайскихъ книгъ, совершенное по повелѣнію императора Ши-Хоанти, около 213 года до Р. Хр., истребило слѣды древнихъ методъ вычисленія затмѣній и многихъ любопытныхъ наблюденій. Для отысканія такихъ методъ могущихъ быть полезными въ астрономіи, нужно спуститься около четырехъ вѣковъ послѣ Чеу-Коня, и перенестись въ Халдею. Птолемей передалъ намъ нѣсколько такихъ наблюденій. Древнѣйшія изъ нихъ — три затмѣнія луны, наблюденныя въ Вавилонѣ въ 719 и 720 годахъ до нашей

эры, и употребленныя имъ для опредѣленія движеній луны. Безъ сомнѣнія, Иппархъ и Птолемей не имѣли древнѣйшихъ, удовлетворительныхъ для такихъ опредѣленій, которыхъ точность находится въ прямомъ отношеніи съ промежуткомъ времени, раздѣляющимъ крайнія наблюденія. Это соображеніе уменьшаетъ наше сожалѣніе о потерѣ халдейскихъ наблюденій сообщенныхъ Аристотелю Клисѳеномъ, по свидѣтельству Порфирія, приводимому Симплиціемъ. Эти наблюденія, по упомянутому свидѣтельству, относятся къ эпохѣ девятнадцатью столѣтіями предшествующей вѣку Александра Македонскаго. Халдеи только длиннымъ рядомъ наблюденій могли открыть періодъ въ $6585\frac{1}{3}$ дней, въ теченіе котораго луна совершаетъ 223 обращенія относительно солнца, 239 обращеній аномалистическихъ и 241 обращеніе относительно своихъ узловъ. Они прибавляли $\frac{4}{135}$ окружности, для полученія звѣзднаго обращенія солнца въ этотъ промежутокъ времени, что предполагаетъ звѣздный годъ равнымъ $365\frac{1}{4}$ днямъ. Птолемей, приводя этотъ періодъ, приписываетъ его древнѣйшимъ математикамъ; но астрономъ Геминусъ, современникъ Силлы, утверждаетъ, что открытіе его принадлежитъ халдеямъ, и объясняетъ способъ, которымъ они вывели изъ него суточное движеніе луны, и методу, помощію которой они вычисляли лунную аномалію. Его свидѣтельство не должно оставлять никакого сомнѣнія, если сообразить, что халдейскій *саросъ*, въ 223 лунныхъ мѣсяца, приводящій луну къ прежнему положенію, относительно ея узловъ, ея перигея и солнца, составляетъ часть упомянутаго періода. Такимъ образомъ, затмѣнія, наблюденныя въ извѣстный періодъ, доставляютъ простое средство предсказывать тѣ, которыя должны случиться въ слѣдующіе періоды. Этотъ періодъ и остроумный способъ, помощію котораго они вычисляли главное лунное неравенство, требовали большаго числа наблюденій, искусно между собою сравненныхъ. Это любопытнѣйшій астрономическій памятникъ, ранѣе основанія александрійской школы.

Вотъ, что мы съ достовѣрностію знаемъ объ астрономіи народа, котораго древность считала искуснѣйшимъ въ наукѣ свѣтилъ. Мнѣнія халдеевъ о системѣ міра были весьма разнообразны, какъ-то и должно быть въ отношеніи къ предметамъ, которые еще не были объяснены ни наблюденіями, ни теоріею. Впрочемъ, нѣкоторые изъ ихъ философовъ, счастливѣйшіе прочихъ, или руководимые болѣе здравыми воззрѣніями на порядокъ и безпредѣльность вселенной, полагали, что кометы, подобно планетамъ, подчинены движеніямъ, опредѣленнымъ вѣчными законами.

Объ астрономіи египтянъ мы имѣемъ весьма мало достовѣрныхъ свѣдѣній. Точное положеніе боковыхъ сторонъ ихъ пирамидъ по направленію къ главнымъ четыремъ странамъ свѣта, даетъ выгодную идею о способахъ ихъ наблюденій; но ни одно изъ нихъ не дошло до насъ. Удивительно, что александрійскіе астрономы принуждены были прибѣгать къ халдейскимъ наблюденіямъ. Должно полагать, что или воспоминаніе о наблюденіяхъ египтянъ погибло уже въ ихъ время, или что египтяне не желали ихъ сообщать александрійскимъ ученымъ, изъ чувства зависти порожденнаго милостями владыкъ Египта къ основанной ими школѣ. Ранѣе той эпохи слава египетскихъ жрецовъ привлекала къ нимъ первыхъ философовъ Греціи. Ѳалесъ, Пиѳагоръ, Эвдоксъ и Платонъ почерпнули въ Египтѣ свѣдѣнія, которыми они обогатили свое отечество. Вѣроятно, что школа Пиѳагорова была обязана египетскимъ жрецамъ нѣсколькими здравыми своими по-

нятіями объ устройствѣ міра. Макробій положительно приписываетъ имъ мысль о движеніяхъ Меркурія и Венеры вокругъ солнца. Ихъ гражданскій годъ состоялъ изъ 365 дней, и былъ раздѣленъ на 12 мѣсяцевъ, по 30 дней въ каждомъ; и въ концѣ года прибавлялось пять дополнительныхъ дней (эпагоменовъ). Но, по остроумному замѣчанію Фурье, наблюденіе предсолнечныхъ восходовъ (levers héliaques) Сиріуса, самой блестящей изъ звѣздъ, показало имъ, что возвращеніе этихъ восходовъ замедлялось, въ то время, ежегодно на $^1/_4$ сутокъ; и на этомъ наблюденіи они основали соѳическій періодъ въ 1461 годъ, приводившій ихъ мѣсяцы и праздники почти аккуратно къ прежнимъ временамъ года. Этотъ періодъ возобновился въ 139 году нашей эры. Если, какъ все заставляетъ насъ думать, ему предшествовалъ другой подобный же періодъ, то начало этого предшествовавшаго періода отнесется къ эпохѣ, въ которую можно съ вѣроятностію допустить, что египтяне дали названія созвѣздіямъ зодіака и основали свою астрономію. Они замѣтили, что въ 25 ихъ годовъ совершается 309 возвращеній луны къ солнцу, что даетъ весьма приолизительную величину длины мѣсяца. Наконецъ, изъ того что до насъ дошло отъ ихъ зодіаковъ, мы видимъ, что они тщательно наблюдали положеніе солнцестояній въ зодіакальныхъ созвѣздіяхъ.

По Діону Кассію, недѣля изобрѣтена египтянами. Этотъ періодъ основанъ на древнѣйшей астрономической системѣ, помѣщавшей солнце, луну и планеты въ порядкѣ ихъ разстояній отъ земли слѣдующимъ образомъ, начиная съ самаго большаго разстоянія.

Сатурнъ,
Юпитеръ,
Марсъ,
Солнце,

Венера,
Меркурій,
Луна,

Послѣдовательныя части ряда дней, раздѣленныхъ каждый на 24 части (или часа), были посвящены, въ томъ же самомъ порядкѣ, вышеизчисленнымъ свѣтиламъ. Каждый день принималъ названіе отъ свѣтила соотвѣтствующаго его первой части (или часу).

Мы находимъ недѣлю у браминовъ въ Индіи, съ тѣми же самыми наименованіями дней; и я убѣдился, что дни индійцевъ, названные одинаково съ нашими, соотвѣтствуютъ однимъ и тѣмъ же физическимъ моментамъ.

Этотъ періодъ, употреблявшійся у арабовъ, евреевъ, ассиріянъ и на всемъ востокѣ, возобновлялся безпрерывно и всегда одинаковымъ образомъ, чрезъ все теченіе вѣковъ и всѣ перевороты государствъ. Между столькими различными народами, невозможно отыскать его изобрѣтателя; и мы только можемъ утверждать, что недѣля есть древнѣйшій памятникъ астрономическихъ знаній.

Такъ какъ гражданскій годъ египтянъ состоялъ изъ 365 дней, то легко усмотрѣть, что давая каждому году названіе его перваго дня, названія тѣхъ годовъ будутъ на вѣчныя времена названіями дней недѣли. Такимъ-то образомъ должны были составиться седьмицы годовъ, бывшія въ употребленіи у евреевъ, но очевидно принадлежащія народу, котораго солнечный годъ заключалъ въ себѣ 365 дней.

Астрономическія знанія были, по видимому, основаніемъ всѣхъ ѳеогоній, которыхъ начало всего проще объясняется такимъ образомъ. Въ Халдеѣ и въ древнемъ Египтѣ астрономія процвѣтала только въ храмахъ, между жрецами, основавшими на ней суевѣрія, которыхъ они были блюстителями и провозвѣстниками. Баснословныя

повѣствованія о героях и богахъ, представляемыя жрецами невѣжественному легковѣрію толпы, были только аллегоріею небесныхъ явленій и природныхъ событій, аллегоріею, которую подражательность, одна изъ важнѣйшихъ пружинъ нравственнаго міра, сохранила до нашего времени. Пользуясь, для утвержденія своей власти, естественнымъ желаніемъ проникнуть въ будущее, жрецы создали астрологію. Человѣкъ, вслѣдствіе обмана чувствъ, считавшій себя средоточіемъ вселенной, легко убѣждался, что свѣтила имѣютъ вліяніе на его судьбу, и что возможно предугадать ее наблюденіемъ ихъ видовъ въ моментъ рожденія. Это драгоцѣнное для самолюбія заблужденіе, нужное для удовлетворенія тревожнаго любопытства, имѣетъ одинаковую древность съ астрономіею, и поддерживалось до конца предпослѣдняго вѣка. Въ эту эпоху оно невозвратно погибло подъ ударами вообще распространившихся знаній объ истинной системѣ міра.

Начало астрономіи у персіянъ и индійцевъ, подобно, какъ и у всѣхъ народовъ, теряется во мракѣ первыхъ временъ ихъ исторіи. Индійскія таблицы предполагаютъ довольно подвинувшуюся впередъ астрономію; но все заставляетъ думать, что они не относятся къ глубокой древности. Здѣсь я съ сожалѣніемъ отдаляюсь отъ мнѣнія моего знаменитаго и несчастнаго друга, котораго смерть, предметъ вѣчныхъ сожалѣній, служитъ ужаснымъ доказательствомъ ненадежности народной любви. Обезсмертивъ себя трудами полезными для наукъ и человѣчества, своими добродѣтелями и благороднымъ характеромъ, онъ погибъ жертвою кровожадной тираніи, противупоставляя спокойствіе и достоинство праведника оскорбленіямъ черни, которой онъ былъ нѣкогда кумиромъ.

Индійскія таблицы имѣютъ двѣ главные эпохи, восходящія, первая до 3102 года, а вторая до 1491 ранѣе

нашей эры. Эти эпохи связаны движеніями солнца, луны и планетъ, такъ что исходя отъ положенія, указаннаго индійскими таблицами всѣмъ упомянутымъ свѣтиламъ, во вторую эпоху, и восходя, помощію таблицъ, къ первой изъ нихъ, мы найдемъ общее соединеніе, предполагаемое ими въ ту первоначальную эпоху.

Ученый, о которомъ я сейчасъ упоминалъ, знаменитый Бальи (*), въ своемъ трактатѣ «Объ астрономіи индійцевъ» старался доказать, что эта первоначальная эпоха основана на наблюденіяхъ. Не смотря на доказательства, изложенныя имъ съ ясностію, которую онъ умѣлъ придавать самымъ отвлеченнымъ предметамъ, я считаю весьма вѣроятнымъ, что вышесказанное придумано съ цѣлію помѣстить въ зодіакѣ общее начало движенія небесныхъ тѣлъ. Новѣйшія астрономическія таблицы, значительно усовершенствованныя сравненіемъ теоріи съ большимъ числомъ весьма точныхъ наблюденій, не позволяютъ допустить соединенія предполагаемаго индійскими таблицами. Онѣ даже представляютъ, въ этомъ отношеніи, разности гораздо значительнѣйшія чѣмъ возможныя ихъ погрѣшности. Правда, что нѣкоторые элементы астрономіи индійцевъ не могли имѣть указанной имъ величины иначе, какъ за долгое время до нашей эры. Такъ, напримѣръ, нужно перешагнуть 6000 лѣтъ, чтобы найти ихъ уравненіе центра солнца. Но независимо отъ погрѣшностей ихъ опредѣленій должно замѣтить, что они разсматривали неравенства солнца и луны только относительно затмѣній, въ которыхъ годичное уравненіе луны прибавляется къ уравненію центра солнца, и увеличиваетъ его на количество почти равное разности его истинной величины отъ величины приписанной индійцами. Многіе элементы, каковы, напримѣръ, уравненія

(*) Bailli.

центра Меркурія и Марса, въ индійскихъ таблицахъ, весьма различны отъ того, чѣмъ они должны быть въ первую эпоху. Совокупность этихъ таблицъ и, особенно, невозможность общаго соединенія ими предполагаемаго, доказываютъ что онѣ составлены или, по крайней мѣрѣ, исправлены въ новѣйшія времена. Это же выводится еще изъ среднихъ движеній опредѣляемыхъ ими для луны, въ отношеніи къ ея перигею, ея узламъ и солнцу, и которыя будучи быстрѣе чѣмъ у Птолемея, доказываютъ что онѣ позднѣе упомянутаго астронома; ибо, изъ теоріи всемірнаго тяготѣнія извѣстно, что упомянутыя три движенія ускоряются въ теченіе весьма большаго числа вѣковъ. Такимъ образомъ, этотъ результатъ теоріи, столь важной для астрономіи луны, служитъ еще для поясненія ея хронологіи.

Древняя слава индійцевъ не позволяетъ однакожь сомнѣваться, что они во всѣ времена занимались астрономіею. Когда греки и арабы начинали заниматься науками они отправлялись въ Индію, дабы почерпнуть тамъ первыя свѣдѣнія. Изъ Индіи перешла къ намъ остроумная метода выражать всѣ числа десятью знаками, придавая имъ одновременно величины — абсолютную и по положенію. Эта тонкая и важная идея кажется намъ теперь такъ простою, что мы едва чувствуемъ ея достоинство. Но самая эта простота и чрезвычайное удобство проистекающее отъ того во всѣхъ вычисленіяхъ, ставятъ нашу систему ариѳметики въ первомъ ряду полезныхъ изобрѣтеній. Трудность достиженія такого результата можно оцѣнить тѣмъ, что онъ ускользнулъ отъ генія Архимеда и Аполлонія, двухъ изъ величайшихъ людей древности.

Греки начали заниматься астрономіею гораздо позже египтянъ и халдеевъ, которыхъ они были учениками. Среди груды басенъ наполняющихъ первые вѣка грече-

ской исторіи, трудно разобрать ихъ астрономическія свѣдѣнія. Многочисленныя греческія школы представляютъ очень мало наблюдателей ранѣе школы александрійской: они занимались астрономіею какъ наукою чисто созерцательною и ограничивались пустыми умозаключеніями. Странно, что при видѣ множества системъ опровергавшихъ одна другую, ничего не научая, весьма простое размышленіе, что единственное средство узнать природу заключается въ наблюденіи и опытѣ, ускользало отъ столькихъ философовъ, изъ которыхъ многіе были одарены рѣдкимъ геніемъ. Но наше удивленіе уменьшится, если мы вспомнимъ, что первыя наблюденія, представляя только отдѣльные факты, не прельщающіе воображенія, нетерпѣливо жаждущаго познать причины, должны накопляться съ чрезвычайною медленностію. Нужно было, чтобы длинный рядъ вѣковъ скопилъ довольно большое число фактовъ, дабы открыть между явленіями отношенія, которыя распространяясь все болѣе и болѣе, соединяютъ съ интересомъ истины интересъ общихъ умозрѣній, къ которымъ вознестись безпрерывно стремится умъ человѣческій.

Однакожь, между философскими мечтаніями грековъ, проглядываютъ, относительно астрономіи, здравыя идеи, собранныя во время путешествій и ими усовершенствованныя. Ѳалесъ, родившійся въ Милетѣ за 640 лѣтъ до Р. Хр., учился въ Египтѣ, и возвратясь въ Грецію, основалъ іонійскую школу, въ которой училъ о шаровидности земли, о наклоненіи эклиптики и объ истинныхъ причинахъ затмѣній солнца и луны. Говорятъ даже, что онъ умѣлъ ихъ предсказывать, употребляя, безъ сомнѣнія, методы или періоды сообщенные ему египетскими жрецами.

Наслѣдниками Ѳалеса были Анаксимандръ, Анаксименъ и Анаксагоръ. Два первые ввели въ Грецію употребленіе

гномона и географическихъ картъ. Анаксагоръ былъ преслѣдуемъ аѳинянами за ученіе истинъ іонійской школы. Его упрекали въ уничтоженіе вліянія боговъ на природу чрезъ подчиненіе ея явленій неизмѣннымъ законамъ. Изгнанный вмѣстѣ съ своими дѣтьми, онъ обязанъ жизнію заботамъ своего ученика и друга Перикла, который успѣлъ измѣнить смертный приговоръ на ссылку. Такъ, истина для восторжествованія на землѣ, нерѣдко должна была бороться съ укоренившимися заблужденіями, которые не разъ были пагубны лицамъ ихъ обнаружившимъ.

Изъ іонійской школы вышелъ основатель школы гораздо болѣе славной. Пиѳагоръ, родившійся въ Самосѣ около 590 г. до нашей эры, былъ сперва ученикомъ Ѳалеса, который совѣтовалъ ему совершить путешествіе въ Египетъ, гдѣ онъ и былъ посвященъ въ таинства жрецовъ, для основательнаго познанія ихъ ученія. Потомъ онъ отправился на берега Ганга вопросить браминовъ. Возвратясь въ свое отечество, онъ былъ принужденъ оставить его вслѣдствіе господствовавшаго тамъ деспотизма, и удалился въ Италію, гдѣ и основалъ свою школу. Всѣ астрономическія истины іонійской школы были преподаваемы Пиѳагоромъ съ еще большимъ развитіемъ. Пиѳагорейская школа преимущественно отличается знаніемъ обоихъ движеній земли, вокругъ самой себя и вокругъ солнца. Пиѳагоръ облекъ это ученіе покровомъ, чтобы скрыть его отъ толпы; но оно было ясно высказано и обнаружено его ученикомъ Филолаемъ.

По мнѣніямъ пиѳагорейцевъ, самыя кометы движутся вокругъ солнца, подобно планетамъ: это не преходящіе метеоры, образованные въ нашей атмосферѣ, но вѣчныя созданія природы. Такія, совершенно правильныя понятія о системѣ міра были схвачены и представлены Сенекою, съ энтузіазмомъ возбуждаемымъ въ душѣ философа великою идеею объ одномъ изъ обширнѣйшихъ предметовъ человѣческихъ знаній.

Сенека говоритъ:

«Не будемъ удивляться, что мы незнаемъ еще закона «движенія кометъ, зрѣлище которыхъ такъ рѣдко, и что «намъ неизвѣстны начало и конецъ обращеній этихъ свѣ-«тилъ, приходящихъ изъ огромныхъ отдаленій. Едва про-«шло пятнадцать вѣковъ съ тѣхъ поръ какъ греки сосчи-«тали звѣзды и дали имъ названія...... Придетъ время, «когда чрезъ послѣдовательное ученіе многихъ вѣковъ, «предметы нынѣ скрытые явятся съ очевидностію; и по-«томство удивится, что истины столь ясныя ускользали «отъ насъ».

Въ пиѳагорейской же школѣ учили, что планеты обитаемы, и что звѣзды суть солнцы разсѣянныя въ пространствѣ и центры своихъ планетныхъ системъ. Эти философскія воззрѣнія должны бы были своимъ величіемъ и истиною увлечь одобреніе древности; но, сопровождаясь систематическими мнѣніями, каковы напр. гармоніи небесныхъ сферъ, и не представляя доказательствъ, пріобрѣтенныхъ ими впослѣдствіи, чрезъ согласіе ихъ съ наблюденіями; неудивительно что ихъ истина, противная обманамъ чувствъ, осталась непризнанною.

Единственное наблюденіе представляемое исторіею астрономіи, у грековъ, ранѣе александрійской школы, есть наблюденіе лѣтняго солнцестоянія 432 года до Р. Хр., сдѣланное Метономъ и Эвктемономъ. Первый изъ этихъ астрономовъ прославился цикломъ девятнадцати лѣтъ, соотвѣтствующихъ 235 луннымъ мѣсяцамъ, цикломъ введеннымъ въ календарь.

Простѣйшая метода измѣренія времени состоитъ въ исключительномъ употребленіи солнечныхъ обращеній; но въ первые вѣка народовъ, фазисы луны представляли ихъ

невѣжеству такое естественное раздѣленіе времени, что оно было вообще принято. Они распредѣлили свои праздники и игры по возвращенію упомянутыхъ фазисовъ; и когда потребности земледѣлія принудили ихъ прибѣгнуть къ солнцу, для различенія временъ года, они все-таки не отказались отъ стариннаго обыкновенія измѣрять время обращеніями луны, которой возрастъ можно было, такимъ образомъ, узнать по числамъ мѣсяца. Они искали установить между обращеніями этого свѣтила и солнечными соотвѣтственности основанныя на періодахъ, которые бы заключали въ себѣ цѣльныя числа этихъ обращеній. Простѣйшій изъ этихъ періодовъ есть девятнадцатилѣтній. Метонъ установилъ циклъ изъ 19 лунныхъ годовъ, изъ которыхъ 12 было обыкновенныхъ, содержавшихъ въ себѣ по 12 мѣсяцевъ, а 7 по 13. Эти мѣсяцы были неравны между собою и распредѣлены такъ, что на 235 мѣсяцевъ цикла, 110 были по 29 дней, а 125 по 30 дней. Этотъ распорядокъ, предложенный Метономъ Греціи, собравшейся на олимпійскихъ играхъ, былъ встрѣченъ всеобщимъ рукоплесканіемъ и единогласно принятъ. Но вскорѣ замѣтили, что, при концѣ періода, новый календарь отставалъ около $^1/_4$ сутокъ отъ новой луны. Калиппъ предложилъ учетверить девятнадцатилѣтній циклъ и образовать изъ него періодъ въ 76 лѣтъ, по истеченіи котораго должно отбросить одинъ день. Этотъ періодъ названъ *калиппическимъ*, по имени его изобрѣтателя. Хотя не столь древній какъ халдейскій *саросъ*, онъ уступаетъ послѣднему въ точности.

Около времени Александра, Питеасъ прославилъ Марсель, свою родину, какъ географъ и астрономъ. Ему обязаны наблюденіемъ полуденной длины гномона, въ лѣтнее солнцестояніе, въ упомянутомъ городѣ. Это древнѣйшее наблюденіе подобнаго рода, послѣ Чеу-Коня. Оно драгоцѣнно тѣмъ, что подтверждаетъ послѣдовательное уменьшеніе наклоненія эклиптики. Жаль, что древніе астрономы не такъ часто употребляли гномонъ, который несравненно точнѣе ихъ армиллярій. Принявъ нѣсколько незатруднительныхъ предосторожностей, для нивеллированія (выровненія) поверхности, на которую падаетъ тѣнь, они могли бы оставить намъ, относительно склоненій солнца и луны, наблюденія, которыя, въ настоящее время, были бы весьма полезны.

ГЛАВА ВТОРАЯ.

ОБЪ АСТРОНОМІИ, СО ВРЕМЕНИ ОСНОВАНІЯ АЛЕКСАНДРІЙСКОЙ ШКОЛЫ ДО АРАБОВЪ.

До этихъ поръ практическая астрономія различныхъ народовъ представляла только наблюденія относительно явленій временъ года и затмѣній, предметовъ житейскихъ нуждъ и суевѣрныхъ опасеній. Нѣсколько періодовъ основанныхъ на весьма долгихъ промежуткахъ времени и счастливыя предположенія объ устройствѣ вселенной, перемѣшанныя съ множествомъ заблужденій, составляли всю тогдашнюю теорическую астрономію. Въ александрійской школѣ мы впервые видимъ совокупную систему наблюденій, сдѣланныхъ помощію угломѣрныхъ инструментовъ и вычисленныхъ тригонометрическими методами. Астрономія приняла тогда новую форму, которую только усовершенствовали послѣдующіе вѣка. Положеніе звѣздъ было опредѣлено съ бóльшею точностію чѣмъ до того времени; неравенства движеній солнца и луны были лучше изучены, и за движеніями планетъ слѣдовали тщательнымъ

образомъ. Наконецъ, александрійская школа породила первую астрономическую систему, обнимавшую совокупность небесныхъ явленій; систему, по истинѣ, стоявшую несравненно ниже Пиѳагоровой, но основанную на сравненіи наблюденій, и потому представлявшую въ этомъ самомъ сравненіи способъ ея повѣрки и возможность вознестись къ истинной системѣ природы, которой она была несовершенною попыткою.

По смерти Александра, главнѣйшіе его полководцы раздѣлили между собою имперію, и Птолемею Сотеру достался на долю Египетъ. Его любовь къ наукамъ и благодѣянія привлекли въ столицу Египта, Александрію, многихъ греческихъ ученыхъ. Сынъ его Птолемей Филадельфъ, наслѣдникъ престола и наклонностей отца, также особенно покровительствовалъ тѣхъ ученыхъ. Онъ назначилъ имъ для жительства обширное зданіе, заключавшее въ себѣ обсерваторію и знаменитую библіотеку, основанную Димитріемъ Фалерскимъ, цѣною необыкновенныхъ трудовъ и пожертвованій. Ученые греки, обладая всѣми нужными для ихъ занятій снарядами и книгами, побуждались еще къ ученымъ трудамъ частыми посѣщеніями государя, очень любившаго бесѣдовать съ мудрецами. Движеніе сообщенное этою школою наукамъ и великіе люди изъ нея вышедшіе, или ей современные, отличили эпоху Птолемеевъ, какъ одну изъ замѣчательнѣйшихъ въ исторіи ума человѣческаго.

Первыми наблюдателями александрійской школы были Аристиллъ и Тимохарисъ, процвѣтавшіе за 300 лѣтъ до Р. Хр. Ихъ наблюденія положеній главныхъ звѣздъ зодіака помогли Иппарху въ открытіяхъ предваренія равноденствій, а Птолемею для основанія теоріи этого явленія.

Послѣ вышеупомянутыхъ, первымъ астрономомъ александрійской школы является Аристархъ Самосскій. Кажется, что самые деликатные астрономическіе элементы были предметомъ его изслѣдованій; но, къ несчастію, они не дошли до насъ. Единственное изъ сохранившихся до нашего времени его сочиненій, есть «Трактатъ о величинахъ и разстояніяхъ солнца и луны», въ которомъ онъ излагаетъ испытанный имъ остроумный способъ опредѣленія отношенія этихъ разстояній. Аристархъ измѣрилъ уголъ между обоими свѣтилами въ тотъ моментъ, когда онъ полагалъ, что въ точности половина луны являлась освѣщенною. Въ этотъ моментъ, лучъ зрѣнія, проведенный отъ глаза наблюдателя къ центру луны, перпендикуляренъ къ линіи соединяющей центры луны и солнца. Найдя, такимъ образомъ, что уголъ при наблюдателѣ менѣе прямаго угла на $^1/_{30}$ сего послѣдняго, онъ заключилъ, что солнце въ 19 разъ далѣе отъ насъ чѣмъ луна: результатъ этотъ, не смотря на свою неточность, раздвигалъ предѣлы вселенной гораздо далѣе чѣмъ предполагали до того времени. Въ упомянутомъ *трактатѣ*, Аристархъ предполагалъ видимые поперечники солнца и луны равными между собою и $\frac{1}{180}$ой части окружности, что очевидно слишкомъ преувеличено. Но, впослѣдствіи, онъ исправилъ эту погрѣшность; ибо Архимедъ свидѣтельствуетъ намъ, что Аристархъ считалъ діаметръ солнца равнымъ $\frac{1}{720}$ой части зодіака; что составляетъ средину между предѣлами, которые, нѣсколько лѣтъ спустя, самъ Архимедъ, весьма остроумнымъ способомъ, опредѣлилъ для упомянутаго діаметра. Эта поправка была неизвѣстна Папусу, знаменитому александрійскому геометру, жившему въ четвертомъ вѣкѣ и написавшему комментарій на трактатъ Аристарха. Это даетъ поводъ къ подозрѣнію, что пожаръ большей части александрійской библіотеки, во время осады выдержанной Кесаремъ въ этомъ городѣ, уже истребилъ боль-

шую часть сочиненій Аристарха, вмѣстѣ съ многими другими не менѣе драгоцѣнными книгами.

Аристархъ воскресилъ ученіе пиѳагорейской школы о движеніи земли; но намъ неизвѣстно, до какой степени онъ подвинулъ чрезъ это объясненіе небесныхъ явленій. Мы знаемъ только, что этотъ глубокомысленный астрономъ, принимая въ соображеніе, что движеніе земли не измѣняетъ чувствительнымъ образомъ кажущееся положеніе звѣздъ, отодвинулъ ихъ отъ насъ несравненно дальше солнца. Поэтому, кажется, что изъ всѣхъ астрономовъ древности онъ имѣлъ самыя справедливыя идеи о величинѣ вселенной. Эти идеи переданы намъ Архимедомъ, въ его трактатѣ «Объ аренаріѣ». Великій сиракузскій геометръ открылъ способъ выражать всѣ числа, представляя ихъ образованными изъ послѣдовательныхъ періодовъ миріадъ миріадъ: единицы перваго были простыми единицами; единицы вторaго были миріадами миріадъ и такъ далѣе: онъ обозначалъ части каждаго періода тѣми же знаками, которые употреблялись греками въ ихъ счисленіи до ста милліоновъ. Чтобы показать выгоду своей методы, Архимедъ предложилъ себѣ выразить число песчинокъ, которыя могли бы содержаться въ небесной сферѣ; онъ увеличиваетъ еще трудность этой задачи избраніемъ ипотезы, которая даетъ этой сферѣ наибольшія протяженія. Въ этихъ-то видахъ онъ излагаетъ мнѣніе Аристарха.

Измѣреніе земли, приписываемое Эратосѳену, представляетъ первую попытку этого рода, сохраненную намъ исторіею астрономіи. Весьма вѣроятно, что еще гораздо ранѣе пытались измѣрить землю; но отъ этихъ попытокъ осталось только нѣсколько опредѣленій земной поверхности, которые стремились, болѣе остроумными чѣмъ надежными сближеніями, привести къ одной величинѣ, близко подходящей къ той, которая выведена изъ новѣйшихъ

измѣреній. Эратосѳенъ, принявъ въ соображеніе, что въ Сіенѣ, въ лѣтнее солнцестояніе, солнце освѣщаетъ всю глубину колодца, и сравнивъ это наблюденіе съ наблюденіемъ полуденной высоты солнца, въ тоже солнцестояніе, въ Александріи, нашелъ, что небесная дуга, заключающаяся между зенитами тѣхъ двухъ городовъ, равна $^1/_{50}$ части окружности; а какъ ихъ разстояніе составляло около пяти тысячь стадій, то Эратосѳенъ опредѣлилъ полную длину земнаго меридіана въ двѣсти пятьдесятъ двѣ тысячи стадій. Едва ли можно допустить, что для такого важнаго изысканія, упомянутый астрономъ удовольствовался грубымъ наблюденіемъ колодца, освѣщеннаго солнцемъ. Это обстоятельство и разсказъ Клеомеда заставляютъ полагать, что Эратосѳенъ воспользовался наблюденіемъ полуденной длины гномона, въ Сіенѣ и въ Александріи, во время солнцестояній. По этой именно причинѣ, небесная дуга, опредѣленная имъ между зенитами тѣхъ двухъ городовъ, мало удаляется отъ результата новѣйшихъ наблюденій. Эратосѳенъ ошибся, помѣстивъ Сіену и Александрію на одномъ и томъ же меридіанѣ; онъ ошибся еще, опредѣливъ разстояніе между этими городами только въ пять тысячь стадій, если только употребленная имъ стадія содержала въ себѣ триста локтей элефантинскаго нилометра, какъ то должно полагать изъ различныхъ соображеній. Тогда бы обѣ погрѣшности Эратосѳена весьма приблизительно вознаградили одна другую; что заставляетъ думать, что этотъ астрономъ только воспроизвелъ древнѣйшее весьма тщательное измѣреніе земли, основаніе котораго было уже потеряно.

Эратосѳенъ, измѣряя наклоненіе эклиптики, нашелъ разстояніе тропиковъ равнымъ одиннадцати частямъ окружности, раздѣленной на восемдесятъ три части. Иппархъ и Птолемей нисколько не измѣнили этой величины. Замѣча-

тельно, что предполагая, вмѣстѣ съ александрійскими астрономами, широту города, служившаго имъ мѣстопребываніемъ, въ 31 шестидесятный градусъ, таковое измѣреніе помѣщаетъ Сіену въ точности подъ тропикомъ, согласно господствовавшему въ древности мнѣнію.

Изъ всѣхъ астрономовъ древности, Иппарху принадлежитъ заслуга—наибольшаго числа и точности наблюденій важныхъ выводовъ полученныхъ имъ изъ ихъ сравненія между собою и съ предшествовавшими наблюденіями и методъ руководствовавшихъ при этихъ изысканіяхъ. Иппархъ былъ уроженецъ Никеи въ Виѳиніи и жилъ во второмъ вѣкѣ до нашего лѣтосчисленія. Птолемей, которому преимущественно мы обязаны свѣдѣніями о трудахъ Иппарха, безпрестанно основывается и подкрѣпляется его наблюденіями и теоріями и по справедливости называетъ его *астрономомъ весьма искуснымъ, обладающимъ рѣдкою проницательностію, и искреннимъ другомъ истины.* Недовольный тѣмъ, что сдѣлано было до него, Иппархъ захотѣлъ все начать снова и допустить только одни результаты основанные на новомъ соображеніи наблюденій, или на новыхъ наблюденіяхъ, болѣе точныхъ чѣмъ сдѣланныя его предшественниками. Ничто не показываетъ такъ хорошо неопредѣленности египетскихъ и халдейскихъ наблюденій солнца и звѣздъ, какъ необходимость, въ которую былъ поставленъ Иппархъ, употребить наблюденія первыхъ александрійскихъ астрономовъ, для установленія своихъ теорій солнца и предваренія равноденствій. Онъ опредѣлилъ длину тропическаго года, чрезъ сравненіе одного изъ своихъ наблюденій лѣтняго солнцестоянія съ подобнымъ же наблюденіемъ Аристарха, сдѣланнымъ въ 281 году до нашей эры. Эта длина показалась ему немного короче $365\frac{1}{4}$ дней, до того принятой, и онъ нашелъ что, по прошествіи трехъ вѣковъ, нужно было откинуть одинъ день. Но онъ самъ замѣчалъ

недостаточную точность опредѣленія основаннаго на наблюденіяхъ солнцестояній и преимущество предъ ними, въ этомъ отношеніи, наблюденій равноденствій. Послѣднія, совершенныя имъ въ теченіе тридцати трехъ лѣтъ, привели его приблизительно къ тому же результату.

Иппархъ открылъ еще, что два промежутка, раздѣляющіе одно равноденствіе отъ другаго, неравны между собою и неравно раздѣляются солнцестояніями, такъ что отъ весенняго равноденствія до лѣтняго солнцестоянія протекало $94\frac{1}{2}$ дня, а отъ послѣдняго солнцестоянія до осенняго равноденствія проходило $92\frac{1}{2}$ дня.

Для изъясненія этихъ разностей, Иппархъ заставилъ солнце двигаться равномѣрно по круговой линіи; но вмѣсто помѣщенія земли въ центрѣ той линіи, онъ удалилъ ее отъ этого центра на $\frac{1}{24}$ часть радіуса, и опредѣлилъ апогей въ шестомъ градусѣ Близнецовъ. При помощи этихъ данныхъ, онъ составилъ первыя таблицы солнца, упоминаемыя въ исторіи астрономіи. Уравненіе центра, ими предполагаемое, было слишкомъ велико. Можно полагать съ вѣроятностію, что сравненіе затмѣній, въ которыхъ это уравненіе по видимому увеличивается на годичное уравненіе луны, утвердило Иппарха въ его заблужденіи и можетъ быть само служило ему причиною; потому что сказанная погрѣшность, превосходившая $\frac{1}{6}$ всей величины уравненія, уменьшается до $\frac{1}{16}$ той величины, въ вычисленіи этихъ явленій. Иппархъ ошибался еще, полагая эллиптическую орбиту солнца круговою и принимая дѣйствительную скорость солнца за равномѣрную. Мы достовѣрно убѣждены теперь въ противномъ, помощію измѣреній кажущагося діаметра дневнаго свѣтила. Но такого рода наблюденіе было невозможно во времена Иппарха, и его таблицы солнца, не смотря на ихъ несовершенство, составляютъ прочный памятникъ его генія, къ которому

Птолемей питалъ такое уваженіе, что подчинилъ ему собственныя наблюденія.

Иппархъ занимался также движеніями луны. Онъ опредѣлилъ, чрезъ сравненіе затмѣній, выбранныхъ въ самыхъ благопріятныхъ обстоятельствахъ, времена лунныхъ обращеній относительно звѣздъ, солнца, узловъ луны и ея апогея. Онъ нашелъ, что промежутокъ въ $126007\frac{1}{24}$ дней заключаетъ въ себѣ 4267 полныхъ мѣсяцевъ, 4573 аномалистическихъ возвращеній и 4612 звѣздныхъ обращеній луны безъ $\frac{15}{720}$ окружности. Кромѣ того, онъ нашелъ, что въ 5458 мѣсяцевъ, луна 5923 раза возвращается къ тому же узлу своей орбиты. Этотъ результатъ, плодъ огромнаго труда надъ весьма большимъ числомъ наблюденій, изъ которыхъ очень малая часть дошла до насъ, представляетъ, можетъ быть, самый драгоцѣнный памятникъ древней астрономіи, по его точности и потому что онъ изображаетъ, въ ту эпоху, безпрерывно измѣняющуюся продолжительность тѣхъ обращеній.

Иппархъ опредѣлилъ еще эксцентрицитетъ лунной орбиты и ея наклоненіе къ эклиптикѣ, и нашелъ ихъ весьма приблизительно равными нынѣшнимъ въ затмѣніяхъ, гдѣ, какъ извѣстно, оба эти элемента уменьшаются эвекціею и главнымъ неравенствомъ движенія луны по широтѣ. Неизмѣнность наклоненія лунной орбиты къ плоскости эклиптики, не смотря на измѣненія претерпѣваемыя этою плоскостію относительно звѣздъ, и по древнимъ наблюденіямъ чувствительныя въ ея наклоненіи къ экватору, представляетъ результатъ всемірнаго тяготѣнія, подтверждаемаго наблюденіями Иппарха (*).

(*) Кеплеръ замѣтилъ эту неизмѣнность въ концѣ своей *Сокращенной коперниканской астрономіи*; но онъ основываетъ ее на весьма странномъ соображеніи. Онъ соглашается, «что луна, второстепенная планета и спутникъ земли, имѣетъ постоянное наклоненіе къ земной орбитѣ, какія бы измѣненія ни претерпѣвала плоскость въ своемъ «положеніи относительно звѣздъ; и если древнія наблюденія надъ «наибольшими широтами луны и надъ наклоненіемъ эклиптики проти«вурѣчатъ такой ипотезѣ, то должно скорѣе подвергнуть ихъ сомнѣ«нію, чѣмъ ее отвергнуть». Здѣсь идеи приличія и гармоніи привели Кеплера къ справедливому результату; но, за то, какъ часто повергали они его въ заблужденіе! Предаваясь, такимъ образомъ, порывамъ воображенія и духу предположеній, можно встрѣтить истину счастливымъ случаемъ; но невозможность узнать ее среди заблужденій, которыми она почти всегда сопровождается, оставляетъ все достоинство ея открытія тому, кто положилъ ей прочное основаніе наблюденіями и вычисленіями, единственными надежными основами человѣческихъ знаній.

Наконецъ, этотъ великій астрономъ опредѣлилъ лунный параллаксъ, изъ котораго онъ пытался вывести параллаксъ солнечный, шириною конуса земной тѣни, въ точкѣ гдѣ луна пересѣкаетъ его въ своихъ затмѣніяхъ; что привело его къ величинѣ того параллакса, найденной Аристархомъ.

Иппархъ сдѣлалъ множество наблюденій планетъ; но будучи слишкомъ искреннимъ другомъ истины, для составленія ненадежныхъ ипотезъ относительно ихъ движеній, онъ оставилъ своимъ послѣдователямъ заботу установленія ихъ теорій.

Внезапно явившаяся въ его время звѣзда побудила его предпринять составленіе звѣзднаго каталога, чтобы поставить потомство въ возможность узнать перемѣны, могущія воспослѣдовать въ зрѣлищѣ неба. Онъ, впрочемъ, чувствовалъ важность такого каталога для наблюденій луны и планетъ. Метода имъ употребленная тожественна съ методою Аристилла и Тимохариса. Плодомъ этого продолжительнаго и труднаго предпріятія было открытіе предваренія равноденствій. Сравнивая свои наблюденія съ аристилловыми и тимохарисовыми, Иппархъ узналъ, что звѣзды измѣнили свое положеніе относительно экватора, сохранивъ прежнюю широту надъ эклиптикою. Онъ сперва

подозрѣвалъ, что замѣченное явленіе относится только до звѣздъ находящихся въ зодіакѣ; но убѣдясь, что всѣ звѣзды сохраняли свои взаимныя положенія, онъ заключилъ, что сказанное явленіе есть общее имъ всѣмъ. Чтобы объяснить его, онъ предположилъ въ небесной сферѣ прямое движеніе вокругъ полюсовъ эклиптики, откуда происходило попятное движеніе по долготѣ, въ равноденствіяхъ сравненныхъ съ звѣздами, движеніе, которое онъ считалъ въ $\frac{1}{360}$ часть зодіака, въ теченіе каждаго вѣка. Но онъ предложилъ свое открытіе, съ оговоркою о маловадежности и недостаточной точности наблюденій Аристилла и Тимохариса.

Географія обязана Иппарху методою опредѣленія положенія мѣстъ на землѣ, по ихъ широтѣ и долготѣ; и онъ первый употребилъ съ этою цѣлію лунныя затмѣнія. Многочисленныя вычисленія необходимыя для всѣхъ этихъ изысканій побудили его къ изобрѣтенію или, по крайней мѣрѣ, къ усовершенствованію сферической тригонометріи. Къ сожалѣнію, всѣ сочиненія Иппарха, касательно всѣхъ вышеупомянутыхъ предметовъ, изчезли, и до насъ дошли его труды только въ Алмагестѣ Птолемея, въ которомъ содержатся главные элементы иппарховыхъ теорій и нѣкоторыя изъ его наблюденій. Сравненіе ихъ съ новѣйшими показало ихъ точность, а польза до нынѣ приносимая ими астрономіи заставляетъ жалѣть объ утратѣ остальныхъ, преимущественно относящихся до планетъ, ибо до насъ дошло весьма мало древнихъ планетныхъ наблюденій. Единственное уцѣлѣвшее твореніе Иппарха есть *Критическій комментарій на Эвдоксову сферу*, описанную въ поэмѣ Аратуса; и это твореніе Иппарха написано ранѣе открытія имъ предваренія равноденствій. Положенія звѣздъ на вышеупомянутой сферѣ такъ неправильны и даютъ для

ея эпохи столь разногласящіе результаты, что нельзя безъ удивленія видѣть Ньютона, основывающаго на этихъ грубыхъ положеніяхъ хронологическую систему, которая впрочемъ значительно отклоняется отъ чиселъ указанныхъ съ большою вѣроятностію для многихъ древнихъ событій.

Почти трехсотлѣтній промежутокъ, отдѣляющій Иппарха отъ Птолемея, представляетъ намъ Геминуса, котораго *Трактатъ объ астрономіи* дошелъ до насъ, и нѣсколькихъ наблюдателей, каковы—Агриппа, Менелай и Ѳеонъ Смирнскій. Мы замѣчаемъ еще, въ этомъ промежуткѣ, исправленіе римскаго календаря, для котораго Юлій Кесарь выписалъ изъ Александріи астронома Созигена. Кажется, къ этой же эпохѣ относится точное познаніе морскаго прилива и отлива. Поссидоній открылъ законы этого явленія, которое, по своимъ очевиднымъ отношеніямъ къ движеніямъ солнца и луны, принадлежитъ къ астрономіи и которое съ замѣчательною точностію описано Плиніемъ натуралистомъ.

Птолемей, родившійся въ египетской Птолемаидѣ, процвѣталъ въ Александріи, около 130 года нашей эры. Иппархъ, своими многочисленными трудами, далъ астрономіи новый видъ; но онъ оставилъ своимъ послѣдователямъ заботу исправленія его теорій новыми наблюденіями и установленіе тѣхъ, которыя оказывались еще недостающими. Птолемей послѣдовалъ видамъ Иппарха и въ своемъ великомъ трудѣ, извѣстномъ подъ названіемъ *Алмагеста*, попытался представить полную систему астрономіи.

Эвекція луны составляетъ важнѣйшее изъ открытій Птолемея. Ранѣе Иппарха, движеніе этого свѣтила разсматривалось только въ отношеніи къ затмѣніямъ, въ которыхъ достаточно было принять въ соображеніе уравненіе луннаго центра, особливо, полагая вмѣстѣ съ упо-

мянутымъ астрономомъ, уравненіе центра солнца значительнѣе дѣйствительнаго; что частію вознаграждало годичное уравненіе луны. Кажется, Иппархъ зналъ, что это не представляло уже движенія луны въ ея квадратурахъ, и что наблюденія показывали, въ этомъ отношеніи, большія аномаліи. Птолемей тщательно изслѣдовалъ эти аномаліи и опредѣлилъ ихъ законъ и величину съ большою точностію. Чтобы представить ихъ, онъ заставилъ луну двигаться по эпициклу, находящемуся на эксцентрикѣ, котораго центръ движется вокругъ земли по направленію противоположному движенію эпицикла.

Въ древности вообще было распространено мнѣніе, что круговое и равномѣрное движеніе, какъ самое совершенное, должно принадлежать свѣтиламъ небеснымъ. Такое заблужденіе поддерживалось до временъ Кеплера, котораго оно долго задерживало въ его изысканіяхъ. Птолемей принялъ его, и помѣстивъ землю въ средоточіи небесныхъ движеній, пытался представить ихъ неравенства въ этой ипотезѣ.

Вообразимъ, что на первой окружности, въ центрѣ которой находится земля, движется центръ второй окружности, на которой движется центръ третьей окружности и такъ далѣе, до послѣдней, которую свѣтило описываетъ равномѣрнымъ движеніемъ. Если радіусъ одной изъ этихъ окружностей превосходитъ сумму прочихъ радіусовъ, то кажущееся движеніе свѣтила вокругъ земли будетъ слагаться изъ средняго равномѣрнаго движенія и различныхъ неравенствъ, зависящихъ отъ взаимныхъ отношеній радіусовъ различныхъ окружностей и движеній ихъ центровъ и свѣтила. Слѣдовательно, умножая и опредѣляя приличнымъ образомъ эти величины, можно представить всѣ неравенства этого кажущагося движенія. Таковъ самый общій способъ разсматриванія ипотезы эпицикловъ и

эксцентриковъ; потому что эксцентрикъ можетъ считаться кругомъ, котораго центръ движется вокругъ земли, съ большею или меньшею скоростію, исчезающею если онъ сдѣлается неподвиженъ. До Птолемея геометры занимались видимостями движенія планетъ въ этой ипотезѣ; и мы видимъ въ Альмагестѣ, что великому геометру Аполлонію уже удалось рѣшить задачу ихъ стояній и попятныхъ движеній.

Птолемей предположилъ солнце, луну и планеты въ движеніи вокругъ земли, въ слѣдующемъ порядкѣ разстояній:

Луна,
Меркурій,
Венера,
Солнце,
Марсъ,
Юпитеръ,
Сатурнъ.

Каждая изъ планетъ верхнихъ, или находящихся за солнцемъ, движется по эпициклу, котораго центръ описываетъ вокругъ земли эксцентрикъ, въ періодъ равный періоду обращенія планеты. Періодъ движенія свѣтила на эпициклѣ былъ періодомъ солнечнаго обращенія и оно всегда находилось въ противустояніи съ солнцемъ, когда достигало точки эпицикла ближайшей къ землѣ. Въ этой системѣ ничто не опредѣляло безусловной величины круговъ и эпицикловъ: Птолемею только нужно было знать отношеніе радіуса каждаго эпицикла къ радіусу круга описаннаго его центромъ. Равнымъ образомъ, онъ заставлялъ каждую изъ нижнихъ планетъ двигаться по эпициклу, котораго центръ описываетъ эксцентрикъ вокругъ земли; а такъ какъ движеніе этой точки равнялось солнечному и

планета проходила свой эпициклъ въ теченіе времени, которое, въ новѣйшей астрономіи, есть время ея обращенія вокругъ солнца; то планета была всегда въ соединеніи съ нимъ, когда она проходила въ самую нижнюю точку своего эпицикла. Здѣсь ничто еще не опредѣляло безусловную величину круговъ и эпицикловъ. Астрономы предшествовавшіе Птолемею раздѣлялись мнѣніями относительно мѣстъ Меркурія и Венеры въ планетной системѣ. Древнѣйшіе, которымъ послѣдовалъ Птолемей, помѣщали ихъ ниже солнца; другіе же полагали, что онѣ находятся выше; наконецъ, нѣкоторые египтяне утверждали, что Меркурій и Венера движутся вокругъ солнца. Странно, что Птолемей не упомянулъ объ этой ипотезѣ, по которой эксцентрики этихъ двухъ планетъ равняются солнечной орбитѣ. Если бы, въ добавокъ, онъ предположилъ эпициклы верхнихъ планетъ равными и параллельными этой орбитѣ, то система его, подобно Тихо-браговой, заставляла бы всѣ планеты двигаться вокругъ солнца, а послѣднее вокругъ земли: тогда бы оставалось сдѣлать одинъ лишь только шагъ для достиженія до истинной системы міра. Этотъ способъ опредѣленія произвольныхъ въ Птолемеевой системѣ, предполагая въ ней круги и эпициклы, описанные годичнымъ движеніемъ, равнымъ солнечной орбитѣ, очевидно показываетъ соотвѣтственность сейчасъ упомянутаго движенія съ солнечнымъ. Видоизмѣняя такимъ образомъ эту систему, получимъ среднія разстоянія планетъ отъ солнца въ частяхъ его разстоянія отъ земли; ибо сказанныя разстоянія составляютъ отношенія радіусовъ эксцентриковъ къ радіусамъ эпицикловъ, для верхнихъ планетъ, а для двухъ нижнихъ — отношенія радіусовъ эпицикловъ къ радіусамъ эксцентриковъ. Такое простое и естественное видоизмѣненіе птолемеевой системы ускользало отъ всѣхъ астрономовъ, до Коперника. По видимому,

ни одинъ изъ нихъ не былъ достаточно пораженъ отношеніями геоцентрическаго движенія планетъ къ солнечному, для того чтобы заняться отысканіемъ ихъ причины; ни одинъ изъ нихъ не выказалъ любопытства узнать взаимныя ихъ разстоянія отъ солнца и отъ земли: всѣ удовлетворялись поправками, помощію новыхъ наблюденій элементовъ опредѣленныхъ Птолемеемъ, ничего не измѣняя въ его ипотезахъ.

Если, помощію эпицикловъ, возможно удовлетворить неравенствамъ видимаго движенія свѣтилъ, то, въ тоже время, никакъ нельзя представить измѣненія ихъ разстояній. Птолемей могъ знать только самымъ несовершеннымъ образомъ эти измѣненія относительно планетъ которыхъ кажущіеся поперечники, въ то время, невозможно было измѣрить. Но достаточно было лунныхъ наблюденій для показанія ему погрѣшности его ипотезъ, по которымъ діаметръ перигейной луны въ квадратурахъ долженъ быть весьма приблизительно вдвое болѣе ея апогейнаго діаметра въ сизигіяхъ. Впрочемъ, каждое новое неравенство, открываемое постепеннымъ усовершенствованіемъ искусства наблюденій, обременяло птолемееву систему новымъ эпицикломъ; такъ что, вмѣсто подтвержденія послѣдовательными успѣхами астрономіи, она все болѣе и болѣе осложнялась; и уже одно это обстоятельство убѣждаетъ насъ, что подобная система далека отъ естественной.

Разсматривая, однакожъ, птолемееву систему какъ средство представлять небесныя движенія и подчинять ихъ вычисленію, эта первая попытка, относительно столь обширнаго предмета, дѣлаетъ честь ея автору. По слабости ума человѣческаго, онъ нерѣдко нуждается въ ипотезахъ, для связи явленій и опредѣленія ихъ законовъ; но, ограничивая ипотезы этимъ употребленіемъ, не приписывая имъ дѣйствительности и исправляя ихъ безпрерывно но-

выми наблюденіями, доходятъ, наконецъ, до истинныхъ причинъ, или, по крайней мѣрѣ, приходятъ въ возможность замѣнить ихъ, и вывести изъ наблюденныхъ явленій тѣ, которыя должны развиться при данныхъ обстоятельствахъ. Исторія философіи представляетъ намъ не одинъ примѣръ преимуществъ, которыя могутъ быть доставлены ипотезами съ этой точки зрѣнія и погрѣшностей которымъ подвергались при ихъ осуществленіи.

Птолемей подтвердилъ движеніе равноденствій, открытое Иппархомъ. Сравнивая свои наблюденія съ таковыми же его предшественниковъ, онъ установилъ взаимную неподвижность звѣздъ, ихъ весьма приблизительно постоянную широту и ихъ движеніе по долготѣ, найденное имъ точно такимъ какъ подозрѣвалъ его Иппархъ. Мы знаемъ теперь, что упомянутое движеніе было гораздо значительнѣе, что̀, принявъ въ соображеніе промежутокъ времени раздѣляющій обоихъ астрономовъ, даетъ поводъ подозрѣвать значительныя погрѣшности въ ихъ наблюденіяхъ. Не смотря на трудность представляемую опредѣленіемъ долготы звѣздъ для наблюдателей неимѣющихъ точной мѣры времени, странно видѣть подобныя погрѣшности, особливо при согласіи наблюденій, приводимыхъ Птолемеемъ въ подтвержденіе своего результата. Птолемея упрекаютъ въ умышленномъ ихъ искаженіи, но такой упрекъ неоснователенъ. Мнѣ кажется, что погрѣшность его относительно годичнаго движенія равноденствій, происходитъ отъ слишкомъ большой увѣренности въ длинѣ тропическаго года, назначенной Иппархомъ. Въ самомъ дѣлѣ, Птолемей опредѣлялъ долготу звѣздъ, сравнивая ихъ съ солнцемъ посредствомъ луны, или съ самою луною, что приводилось къ сравненію ихъ съ солнцемъ, такъ какъ синодическое движеніе луны было хорошо извѣстно чрезъ затмѣнія. Иппархъ предположилъ годъ слишкомъ длиннымъ, и, слѣдовательно, движеніе солнца относительно равноденствій менѣе истиннаго: очевидно, такая погрѣшность уменьшила долготы солнца употребленныя Птолемеемъ. Слѣдовательно, годичное движеніе по долготѣ, приписанное имъ звѣздамъ, должно быть увеличено дугою, описанною солнцемъ, въ промежутокъ времени равный погрѣшности Иппарха относительно длины года: и тогда послѣдній будетъ весьма приблизительно вѣренъ.

Такъ какъ звѣздный годъ есть годъ тропическій съ прибавкою времени нужнаго солнцу для описанія дуги равной годичному движенію равноденствій, то очевидно звѣздный годъ Иппарха и Птолемея долженъ мало разниться отъ истиннаго. Въ самомъ дѣлѣ, эта разность равняется $\frac{1}{10}$ той, которая существуетъ между ихъ и нашимъ тропическими годами.

Эти замѣчанія приводятъ насъ къ разсмотрѣнію, дѣйствительно ли, какъ вообще думаютъ, Птолемеевъ каталогъ есть тотъ же Иппарховъ, приведенный къ птолемееву времени, помощію прецессіи въ одинъ градусъ на 90 лѣтъ. Здѣсь основываются на томъ, что постоянная погрѣшность звѣздныхъ долготъ упомянутаго каталога исчезаетъ, если отнести ихъ къ времени Иппарха; но вышеприведенное объясненіе этой погрѣшности оправдываетъ Птолемея отъ упрека, будто бы онъ присвоилъ себѣ трудъ Иппарха; а Птолемею можно повѣрить, когда онъ положительно говоритъ, что самъ наблюдалъ звѣзды этого каталога, даже тѣ изъ нихъ, которыя относятся къ шестой величинѣ. Въ тоже время онъ замѣчаетъ, что онъ нашелъ весьма приблизительно положенія звѣздъ, опредѣленныя Иппархомъ относительно къ эклиптикѣ; и этому тѣмъ легче повѣрить, что Птолемей постоянно стремился приблизиться къ результатамъ знаменитаго астронома ему

предшествовавшаго и бывшаго, въ самомъ дѣлѣ, гораздо точнѣйшимъ наблюдателемъ.

Птолемей начерталъ въ Сераписовомъ храмѣ, въ Канопѣ, главнѣйшие элементы своей астрономической системы. Она прожила четырнадцать вѣковъ, и нынѣ, послѣ конечнаго ея разрушенія, Алмагестъ составляетъ еще одинъ изъ драгоцѣннѣйшихъ памятниковъ древности, хранилище древнихъ наблюденій. Къ несчастію, въ немъ заключается только небольшое число наблюденій предшествовавшихъ астрономовъ; ибо авторъ его приводилъ только тѣ наблюденія, которые ему были нужны для установленія своихъ теорій. Составивъ астрономическія таблицы, онъ считалъ ненужнымъ передать, вмѣстѣ съ ними, потомству наблюденія послужившія какъ Иппарху, такъ и ему самому для этого предмета. Такому примѣру послѣдовали арабы и персіяне. Большие сборники точныхъ наблюденій, составленные единственно для самихъ себя и безъ всякаго приложенія къ теоріямъ, принадлежатъ новѣйшей астрономіи и представляютъ одно изъ лучшихъ средствъ къ ея усовершенствованію.

Птолемей оказалъ большія заслуги и географіи, собравъ въ едино всѣ извѣстныя въ то время опредѣленія долготъ и широтъ на землѣ и положивъ основанія методы проекцій, для построенія географическихъ картъ.

Онъ же написалъ «Трактатъ объ Оптикѣ», въ которомъ подробно изложилъ явленіе астрономическихъ преломленій.

Мы должны еще упомянуть о Птолемеѣ какъ объ авторѣ различныхъ сочиненій касательно музыки, хронологіи, гномоники и механики. Столько трудовъ о столь многочисленныхъ и разнородныхъ предметахъ предполагаютъ обширный умъ, которому указывается видное мѣсто въ исторіи наукъ. Когда птоломеева система уступила мѣсто естественной, то явилось желаніе выместить на ея авторѣ

деспотизмъ, съ которымъ она господствовала столь долгое время, и Птолемея стали обвинять въ присвоеніи себѣ открытій его предшественниковъ. Но почтительные отзывы его объ Иппархѣ, на котораго онъ весьма часто ссылается въ подтвержденіе своихъ теорій, вполнѣ оправдываютъ его отъ подобнаго обвиненія. При возрожденіи наукъ у арабовъ и въ Европѣ, ипотезы Птолемея, соединяющія въ себѣ обаяніе новости съ авторитетомъ старины, были вообще приняты умами рождавшими знанія, и внезапно овладѣвшими всѣмъ, что древность пріобрѣла вѣковыми трудами. Благодарность этихъ умовъ слишкомъ высоко подняла Птолемея, котораго впослѣдствіи поставили слишкомъ низко. Слава Птолемея подобна Аристотелевой и Декартовой: какъ скоро ихъ заблужденія были открыты, внезапно совершился переходъ отъ слѣпаго удивленія къ незаслуженному презрѣнію. Такъ даже и въ наукахъ, полезнѣйшие перевороты не были свободны отъ вліянія страстей и несправедливости.

ГЛАВА ТРЕТЬЯ.

АСТРОНОМІЯ ОТЪ ПТОЛЕМЕЯ ДО ВОЗРОЖДЕНІЯ СВОЕГО ВЪ ЕВРОПѢ.

Трудами Птолемея оканчиваются успѣхи астрономіи въ александрійской школѣ. Эта школа существовала послѣ того еще въ теченіе пяти вѣковъ; но преемники Птолемея ограничивались комментаріями на его творенія, ничего не прибавляя къ его теоріямъ. Небесныя явленія въ промежутокъ болѣе шести сотъ лѣтъ почти ненаходили себѣ наблюдателей. Римъ, долгое время служившій отчизною

доблестей, славы и словесности, не сдѣлалъ ничего полезнаго для наукъ. Уваженіе, которымъ пользовались въ этой республикѣ краснорѣчіе и воинскія дарованія, увлекало всѣ умы. Такъ какъ науки не представляли тамъ никакихъ выгодъ, то ими пренебрегали среди завоеваній предпринятыхъ честолюбивымъ народомъ и среди внутреннихъ раздоровъ, породившихъ междоусобныя войны въ которыхъ погибла наконецъ безпокойная свобода республики, смѣнявшаяся нерѣдко бурнымъ деспотизмомъ ея императоровъ. Распаденіе имперіи, неизбѣжное слѣдствіе ея чрезвычайной обширности, привело ее къ гибели; а свѣточь наукъ, погашенный нашествіемъ варваровъ, былъ зажженъ вновь только арабами.

Этотъ народъ, восторженный фанатизмомъ новаго вѣрованія, распространивъ свою власть и религію по значительной части земной поверхности, едва отдохнулъ въ покоѣ, какъ у него проявилось ревностное стремленіе къ наукамъ. Около половины восьмаго вѣка, халифъ Альмансуръ покровительствовалъ астрономіи преимущественнымъ образомъ. Но между арабскими государями отличавшимися любовію къ наукамъ, исторія особливо упоминаетъ объ Алмамунѣ, изъ семейства Абассидовъ, сынѣ знаменитаго халифа Харунъ-аль-Решида. Онъ царствовалъ въ Багдадѣ, въ 814 году. Побѣдивъ греческаго императора Михаила III, онъ постановилъ однимъ изъ условій мира, чтобы ему были доставлены лучшія сочиненія на греческомъ языкѣ. Въ числѣ этихъ книгъ былъ и Алмагестъ, который будучи переведенъ на арабскій языкъ, распространилъ между арабами астрономическія свѣдѣнія, ознаменовавшія александрійскую школу. Для усовершенствованія упомянутыхъ свѣдѣній, онъ собралъ нѣсколькихъ отличныхъ астрономовъ, которые, послѣ совершенія многочисленныхъ наблюденій, обнародовали новыя таблицы солнца и луны, совершеннѣйшія птолемеевыхъ и долгое время славившіяся на Востокѣ подъ названіемъ *повѣренной таблицы*. Въ этой таблицѣ, солнечному перигею указано именно то мѣсто, которое онъ долженъ былъ имѣть; уравненіе солнечнаго центра, слишкомъ преувеличенное у Иппарха, приведено здѣсь къ истинной величинѣ; но эта точность дѣлалась тогда источникомъ погрѣшностей въ изчисленіи затмѣній, гдѣ годичное уравненіе луны отчасти поправляло неточность уравненія солнечнаго центра, принятаго упомянутымъ астрономомъ. Длина тропическаго года точнѣе иппарховой; но все-таки короче дѣйствительной около двухъ минутъ. Впрочемъ, эта погрѣшность произошла отъ того, что авторы *повѣренной таблицы* сравнивали свои наблюденія съ птолемеевыми; тогда какъ, при сравненіи съ иппарховыми, погрѣшность сдѣлалась бы совершенно ничтожною. По этой еще причинѣ, они предполагали предвареніе равноденствій немногимъ больше дѣйствительнаго.

Алмамунъ повелѣлъ совершить весьма тщательное измѣреніе земнаго градуса, въ одной изъ обширныхъ равнинъ Мессопотаміи: длина этого градуса найдена равною 200,500 чернымъ локтямъ. Это измѣреніе представляетъ тѣже неопредѣленности, какъ и эратосѳеново, относительно длины единицы мѣры. Всѣ такія измѣренія могутъ интересовать насъ нынѣ только показаніемъ упомянутыхъ единицъ мѣры; но погрѣшности измѣренія, неизбѣжныя въ то время при подобныхъ операціяхъ, не позволяютъ вывести изъ нихъ упомянутаго показанія, которое могло бы истекать только изъ точности новѣйшихъ наблюденій, помощію которыхъ всегда можно будетъ возстановить наши мѣры, если когда либо, въ теченіе вѣковъ, обрасчики ихъ будутъ повреждены.

Покровительство, оказанное астрономіи Алмамуномъ и

его преемниками, породило множество арабскихъ весьма дѣльныхъ астрономовъ, между которыми видное мѣсто принадлежитъ Албатенію. Этотъ арабскій князь наблюдалъ въ Арактѣ, около 880 года. Его трактатъ «О звѣздной наукѣ» содержитъ въ себѣ много любопытныхъ наблюденій и главнѣйшіе элементы теорій солнца и луны, впрочемъ, мало отличающіеся отъ таковыхъ же предложенныхъ астрономами Алмамуна. Такъ какъ его твореніе было, въ теченіе долгаго времени, единственнымъ извѣстнымъ въ арабской астрономической литературѣ, то ему приписывали выгодныя измѣненія, сдѣланныя въ элементахъ *Таблицъ Птолемея.* Но драгоцѣнный отрывокъ изъ *Астрономіи* Эбнъ-Юниса, переведенный, по моей просьбѣ, Коссеномъ (*), показалъ, что упомянутыя перемѣны были сдѣланы авторомъ *повѣренной таблицы.* Кромѣ того, изъ упомянутаго отрывка мы получили точныя и весьма подробныя свѣдѣнія объ арабской астрономіи.

Эбнъ-Юнисъ, астрономъ египетскаго халифа Хакима, наблюдалъ въ Каирѣ, около 1000 года. Онъ составилъ большой трактатъ объ астрономіи и таблицы небесныхъ движеній, знаменитыя на Востокѣ, по ихъ точности, и вѣроятно послужившія основаніемъ для таблицъ составленныхъ впослѣдствіи арабами и персіянами. Въ вышеупомянутомъ отрывкѣ мы видимъ, отъ вѣка Альмамуна, до временъ Эбнъ-Юниса, длинный рядъ наблюденій затмѣній, равноденствій, солнцестояній, соединеній планетъ и покрытій звѣздъ, наблюденій важныхъ для усовершенствованія астрономическихъ теорій, показавшихъ вѣковое уравненіе луны и пролившихъ много свѣта на великія измѣненія въ системѣ міра. Эти наблюденія составляютъ только небольшую часть совершенныхъ арабскими астрономами и число которыхъ было необыкновенно велико. Они дошли до познанія неточности птолемеевыхъ наблюденій надъ равноденствіями, и сравнивая свои наблюденія между собою и съ иппарховыми, они опредѣлили длину года съ большою точностію. Опредѣленіе Эбнъ-Юниса не превосходитъ на 13 секундъ современную намъ длину, которую оно должно бы было превосходить на 5 секундъ. Изъ его сочиненія и заглавій многихъ рукописей существующихъ въ нашихъ библіотекахъ, кажется видно, что арабы преимущественно занимались усовершенствованіемъ астрономическихъ снарядовъ. Трактаты, составленные ими по этому предмету, доказываютъ всю важность, которую они ему приписывали и ручаются за точность ихъ наблюденій. Они также съ особымъ тщаніемъ занимались измѣреніемъ времени помощію клепсидровъ, огромныхъ солнечныхъ часовъ и даже качаніями маятника. Не смотря на это, ихъ наблюденія затмѣній представляютъ почти столько же неточности какъ и халдейскія и греческія; а ихъ наблюденія солнца и луны далеко не имѣютъ предъ иппарховыми преимущества, которое бы могло вознаградить выгоду разстоянія отдѣляющаго насъ отъ великаго александрійскаго наблюдателя.

(*) Caussin.

Дѣятельность арабскихъ астрономовъ, ограниченная наблюденіями, не распространилась на изысканія новыхъ неравенствъ, и, въ этомъ отношеніи, они ничего не прибавили къ ипотезамъ Птолемея. Живое любопытство, привлекающее насъ къ явленіямъ, съ цѣлію точнаго познанія ихъ законовъ и причинъ, характеризуетъ ученыхъ новѣйшей Европы.

Персіяне, долгое время подчиненные власти арабскихъ государей и исповѣдывавшіе одну съ арабами вѣру, свергнули съ себя, около половины одиннадцатаго вѣка, иго халифовъ. Въ эту эпоху ихъ календарь, трудами астро-

нома Омара Шейяна, получилъ новую форму, основанную на остроумномъ включеніи въ тридцатитрехлѣтній періодъ восьми високосныхъ годовъ. Это включеніе предлагалъ, въ концѣ предпрошлаго столѣтія, Доминикъ Кассини, какъ простѣйшее и точнѣйшее григоріанскаго, незная самъ что оно уже давно было извѣстно персіянамъ. Въ тринадцатомъ вѣкѣ, одинъ изъ персидскихъ государей, Холагу-Илекуканъ, собралъ ученѣйшихъ астрономовъ въ Марагѣ, гдѣ онъ построилъ великолѣпную обсерваторію и поручилъ ея управленіе Нассиръ-Эддину.

Но ни одинъ изъ владыкъ Персіи не отличался такъ своею ревностію къ астрономіи какъ Улугъ-бей, котораго имя должно быть поставлено на ряду съ величайшими наблюдателями. Онъ составилъ самъ, въ Самаркандѣ, столицѣ своихъ владѣній, новый каталогъ звѣздъ и лучшія астрономическія таблицы, которыя существовали до Тихона Браге. Онъ измѣрилъ, въ 1437 году, помощію большаго снаряда, наклоненіе эклиптики; и результатъ его, исправленный въ отношеніи рефракціи и ложнаго параллакса имъ употребленнаго, даетъ упомянутое наклоненіе большимъ чѣмъ въ началѣ нынѣшняго вѣка, что подтверждаетъ его послѣдовательное уменьшеніе.

Китайскія лѣтописи доставили намъ древнѣйшія изъ всѣхъ извѣстныхъ астрономическихъ наблюденій: онѣ же, двадцать четыре вѣка спустя, представляютъ намъ точнѣйшія изъ всѣхъ наблюденій, совершенныхъ до возобновленія астрономіи и даже до приложенія зрительныхъ трубъ къ квадрантамъ. Мы видѣли, что китайскій астрономическій годъ начинался въ зимнее солнцестояніе; и что для опредѣленія его начала, наблюдали, во всѣ эпохи, полуденныя тѣни гномона, около солнцестояній. Гобиль (*),

(*) Gaubil.

одинъ изъ ученѣйшихъ и разсудительнѣйшихъ іезуитскихъ миссіонеровъ, посѣтившихъ Китай, познакомилъ насъ съ рядомъ наблюденій этого рода, простирающихся отъ 1100 года ранѣе нашей эры, до 1280 года по Р. Хр. Они очевидно доказываютъ уменьшеніе наклоненія эклиптики, которое, въ этотъ долгій промежутокъ времени, достигло до $\frac{1}{1000}$ окружности.

Цу-чонь, одинъ изъ искуснѣйшихъ китайскихъ астрономовъ, сравнивая наблюденія, сдѣланныя имъ въ Пекинѣ въ 461 г., съ совершенными въ Лоянѣ, въ 173 г., опредѣлилъ величину тропическаго года гораздо точнѣе грековъ и даже астрономовъ Алмамуна: онъ нашелъ ее равною 365.24282 дн., то есть весьма приблизительно равною коперниковой.

Въ то время какъ Холагу-Илекуканъ покровительствовалъ астрономіи въ Персіи, братъ его Кобилай, основавшій, въ 1271 году, династію Ивенъ, способствовалъ процвѣтанію этой науки въ Китаѣ. Онъ назначилъ Ко-чеу-кина, перваго изъ китайскихъ астрономовъ, начальникомъ математическаго трибунала. Этотъ великій наблюдатель устроилъ снаряды несравненно совершеннѣе бывшихъ дотолѣ въ употребленіи. Самый драгоцѣнный изъ нихъ былъ гномонъ въ 40 китайскихъ футовъ, оканчивавшійся вертикальною мѣдною пластинкою, въ которой проткнуто было отверстіе діаметромъ въ толщину иголки. Отъ центра этого отверстія Ко-чеу-кинъ считалъ высоту гномона, и измѣрялъ тѣнь до центра солнечнаго изображенія:

Онъ говоритъ:

«До сихъ поръ наблюдали только верхній край солнца, «и затруднялись въ различеніи границы тѣни: впрочемъ, «восьмифутовый гномонъ, постоянно бывшій въ употреб-«леніи, слишкомъ коротокъ. Эти причины побудили меня

«ввести сорокафутовый гномонъ и наблюдать центръ изо-«браженія».

Гобиль, которому мы обязаны всѣми этими подробностями, сообщилъ намъ нѣсколько такихъ наблюденій, совершенныхъ съ 1277 по 1280 годъ: они драгоцѣнны по своей точности и неоспоримо доказываютъ уменьшеніе наклоненія эклиптики и эксцентрицитета земной орбиты съ упомянутой эпохи до нашихъ временъ.

Ко-чеу-кинъ, съ замѣчательною точностію, опредѣлилъ положеніе зимняго солнцестоянія относительно звѣздъ, въ 1280 году: онъ заставлялъ его совпадать съ апогеемъ солнца, что имѣло мѣсто тридцать лѣтъ ранѣе. Предположенная имъ длина года въ точности равна длинѣ года григоріанскаго. Китайскіе способы вычисленія затмѣній уступаютъ способамъ арабскимъ и персидскимъ, и китайцы не воспользовались познаніями, пріобрѣтенными этими народами, не смотря на частыя съ ними сношенія. Они распространили даже на астрономію постоянную привязанность, питаемую ими къ своимъ древнимъ обычаямъ.

Исторія Америки, до завоеванія ея испанцами, представляемъ намъ нѣсколько слѣдовъ астрономіи: ибо самыя элементарныя свѣдѣнія этой науки были у всѣхъ народовъ первыми плодами цивилизаціи. У мехиканцевъ, вмѣсто недѣли, существовалъ краткій періодъ въ пять дней; мѣсяцы ихъ состояли каждый изъ 20 дней; а 18 такихъ мѣсяцевъ образовали ихъ годъ, къ которому прибавляли пять придаточныхъ дней, и который начинался въ зимнее солнцестояніе. Есть основанія къ догадкѣ, что они составляли изъ соединенія 140 лѣтъ большой циклъ, въ который вставляли 25 придаточныхъ дней. Это предполагаетъ длину тропическаго года точнѣйшую иппарховой; и что весьма замѣчательно, весьма приблизительно равную длинѣ года Алмамуновыхъ астрономовъ.

Перуанцы и мехиканцы тщательно наблюдали тѣни гномона въ солнцестоянія и равноденствія; и даже воздвигали, для этой цѣли, колонны и пирамиды. Впрочемъ, принявъ въ соображеніе трудность достиженія столь точнаго опредѣленія длины года, можно подозрѣвать, что это было не ихъ собственнымъ твореніемъ, а перешло къ нимъ съ древняго материка. Но отъ какого народа и какими путями они его получили? Если оно дошло къ нимъ чрезъ сѣверную Азію, то почему у нихъ употреблялось раздѣленіе времени столь различное отъ существовавшаго въ упомянутой части свѣта? Этихъ вопросовъ кажется невозможно рѣшить.

Въ многочисленныхъ рукописяхъ, хранящихся въ библіотекахъ, заключается множество древнихъ, еще неизвѣстныхъ наблюденій, которыя бы могли пролить яркій свѣтъ на астрономію и преимущественно на вѣковыя неравенства небесныхъ движеній. Изъясненіе ихъ должно обратить на себя вниманіе ученыхъ владѣющихъ восточными языками; потому что великія измѣненія въ системѣ міра интересно знать не менѣе переворотовъ государственныхъ. Потомство, которое будетъ въ состояніи сравнить длинный рядъ весьма точныхъ наблюденій съ теоріею всемірнаго тяготѣнія, будетъ пользоваться ихъ согласіемъ гораздо лучше чѣмъ мы, которымъ древность оставила наблюденія, по большей части неблагонадежныя. Но эти наблюденія, подверженныя здравой критикѣ, могутъ, хотя частію, числомъ своимъ вознаградить возможныя ихъ погрѣшности и замѣнить для насъ точныя наблюденія. Такимъ образомъ, въ географіи, для опредѣленія положенія мѣстъ, замѣняютъ астрономическія наблюденія сравненіемъ между собою разсказовъ различныхъ путешественниковъ. Хотя картина, представляемая намъ рядомъ наблюденій съ древнѣйшихъ до нашихъ временъ, очень несовершенна, но въ ней весьма замѣтно выстав-

ляются — измѣненія эксцентрицитета земной орбиты и положенія ея перигея; вѣковыхъ движеній луны относительно ея перигея и солнца; и, наконецъ, измѣненія элементовъ планетныхъ орбитъ. Послѣдовательное уменьшеніе наклоненія эклиптики, въ теченіе почти трехъ тысячелѣтій, особенно замѣчательно въ сравненіи наблюденій Чеу-коня, Питеа, Эбнъ-Юниса, Ко-чеу-киня, Улугъ-бея съ новѣйшими.

ГЛАВА ЧЕТВЕРТАЯ.

АСТРОНОМІЯ ВЪ НОВѢЙШЕЙ ЕВРОПѢ.

Новѣйшая Европа обязана преимущественно арабамъ первыми лучами свѣта, разсѣявшими мракъ облекавшій ее въ теченіе слишкомъ двѣнадцати вѣковъ. Арабы со славою передали намъ хранилище званій полученныхъ ими отъ грековъ, бывшихъ, въ свою очередь, учениками египтянъ. Но, по какому-то роковому опредѣленію, сказанныя свѣдѣнія быстро исчезали у всѣхъ вышеупомянутыхъ народовъ, вслѣдъ за такою передачею. Издавна деспотизмъ распространилъ варварство надъ прекрасными странами, служившими колыбелью для наукъ и искусствъ и изгладилъ даже воспоминанія о великихъ людяхъ ихъ прославившихъ.

Кастильскій король Алфонсъ былъ однимъ изъ первыхъ государей покровительствовавшихъ возрождавшейся въ Европѣ астрономіи. Эта наука имѣла немного столь ревностныхъ защитниковъ; но астрономы имъ собранные плохо содѣйствовали его благимъ намѣреніямъ. Таблицы ими изданные не соотвѣтствовали огромнымъ издержкамъ употребленнымъ на это дѣло. Одаренный проницательнымъ и вѣрнымъ умомъ, Алфонсъ видѣлъ всю путаницу круговъ и эпицикловъ по которымъ заставляли двигаться небесныя тѣла, что и заставило его произнести извѣстныя слова. «Если бы при созданіи міра спросили моего «совѣта, то я бы устроилъ его въ лучшемъ порядкѣ». Напрасно выставляли эти слова какъ кощунство: Алфонсъ хотѣлъ только выразить ими господствовавшее тогда незнаніе истиннаго механизма вселенной, а не подавать совѣты Творцу мірозданія.

Во времена Алфонса, Европа обязана щедрости и заботамъ германскаго императора Фридриха II первымъ латинскимъ переводомъ птолемеева Алмагеста, сдѣланнымъ съ арабскаго языка.

Мы доходимъ наконецъ до эпохи, въ которую астрономія, освободившаяся изъ узкой сферы, въ которой она дотолѣ заключалась, вознеслась быстрыми и непрерывными успѣхами до высоты, на которой мы ее теперь видимъ. Пурбахъ, Регіомонтанусъ и Валтерусъ предуготовили эти прекрасные дни науки, а Коперникъ породилъ ихъ счастливымъ объясненіемъ небесныхъ явленій помощію двойнаго движенія земли — вокругъ самой себя и вокругъ солнца. Пораженный, подобно Алфонсу, крайнею сложностію птолемеевой системы, онъ отъискивалъ у древнихъ философовъ простѣйшее устройство вселенной. Такимъ путемъ онъ нашелъ, что многіе изъ упомянутыхъ философовъ полагали Венеру и Меркурій движущимися вокругъ солнца, что Никита, по свидѣтельству Цицерона, заставлялъ землю вертѣться на своей оси, и такимъ образомъ, освобождалъ небесную сферу отъ непостижимой скорости, которою она должна была обладать для совершенія суточнаго своего обращенія. Онъ узналъ отъ Аристотеля и Плутарха, что пиѳагорейцы полагали землю и планеты движущимися вокругъ солнца, помѣщеннаго посрединѣ

вселенной. Эти свѣтлыя идеи поразили Коперника; онъ приложилъ ихъ ко многочисленнымъ астрономическимъ наблюденіямъ, собраннымъ въ теченіе продолжительнаго времени, и съ удовольствіемъ увидѣлъ, что они безъ всякаго усилія согласуются съ теоріею движенія земли. Онъ убѣдился, что суточное обращеніе небеснаго свода было только обманомъ зрѣнія, порожденнымъ движеніемъ земли; а предвареніе равноденствій приводилось къ движенію земной оси. Исчезли круги, придуманные Птолемеемъ для объясненія прямыхъ и обратныхъ движеній планетъ: Коперникъ, въ этихъ странностяхъ, видѣлъ только кажущіяся явленія, порожденныя совокупленіемъ движенія земли вокругъ солнца, съ движеніями планетъ, и вывелъ изъ того взаимные размѣры ихъ орбитъ, дотолѣ неизвѣстные. Наконецъ, въ этой системѣ, все представляло ту прекрасную простоту, которая очаровываетъ насъ въ дѣйствіяхъ природы, какъ скоро мы имѣемъ счастіе дознать способы которыми она дѣйствуетъ. Коперникъ изложилъ свою систему въ знаменитомъ сочиненіи «О небесныхъ обращеніяхъ». Онъ представляетъ ее какъ ипотезу, чтобы нераздражить общепринятыхъ предубѣжденій.

Онъ говоритъ, въ посвященіи сочиненія своего папѣ Павлу III:

«Такъ какъ астрономы позволили себѣ придумать круги «для объясненія движеній свѣтилъ, то я полагалъ себя «также вправѣ изслѣдовать не можетъ ли предположеніе «движенія земли сдѣлать теорію этихъ движеній болѣе «простою и болѣе ясною».

Этому великому человѣку не суждено было быть свидѣтелемъ торжества его идей: онъ скончался почти внезапно, семидесяти одного года отъ роду, получивъ первый экземпляръ своего безсмертнаго творенія. Родился онъ въ Торнѣ, въ прусской Польшѣ, въ 1473 году, и въ

родительскомъ домѣ изучивъ латинскій и греческій языки, отправился для продолженія ученія въ Краковъ. Увлеченный любовію къ астрономіи и славою Регіомонтана, онъ захотѣлъ прославиться на томъ же самомъ поприщѣ и предпринялъ путешествіе въ Италію, гдѣ упомянутая наука преподавалась въ то время съ успѣхомъ. Онъ слушалъ въ Болоньѣ лекціи Доминика Маріа и, впослѣдствіи, получилъ мѣсто профессора въ Римѣ, гдѣ и совершилъ нѣсколько наблюденій. Наконецъ онъ оставилъ Римъ для Фрауэнберга, гдѣ дядя его, бывшій въ то время Вармійскимъ епископомъ, далъ ему мѣсто каноника. Въ этомъ мирномъ убѣжищѣ, Коперникъ изъ тридцати шести лѣтнихъ наблюденій и размышленій вывелъ свою теорію движенія земли. По смерти своей, онъ былъ похороненъ въ Фрауэнбергскомъ соборѣ, безъ пышности и безъ надгробнаго слова; но память его будетъ жить столь же вѣчно, какъ и великія истины показанныя имъ съ очевидностію, разсѣявшею обманы чувствъ и побѣдившею всѣ затрудненія противупоставленныя незнаніемъ законовъ механики.

Этимъ истинамъ предстояло еще побѣдить препятствія другаго рода, которыя происходя изъ уважаемаго источника, навѣрно бы одолѣли ихъ, если бы не явились къ нимъ на помощь быстрые успѣхи во всѣхъ отрасляхъ математическихъ знаній. Для разрушенія астрономической системы вздумали прибѣгать къ пособію религіи, и неоднократными преслѣдованіями истерзали одного изъ защитниковъ этой системы, человѣка приносящаго честь Италіи своими открытіями. Ретикусъ, ученикъ Коперника, первый принялъ его идеи, но дѣйствительный и общій ихъ успѣхъ относится къ началу семнадцатаго вѣка, благодаря, преимущественно, трудамъ и страданіямъ Галилея.

Счастливый случай открылъ человѣку удивительнѣйшій изъ всѣхъ снарядовъ, который, придавъ астрономи-

ческимъ наблюденіямъ неожиданную обширность и точность, показалъ въ небѣ новые міры и новыя неравенства. Едва узналъ Галилей о первыхъ опытахъ надъ зрительными трубами, какъ немедленно занялся ихъ усовершенствованіемъ. Направивъ трубу на небо, онъ открылъ четырехъ спутниковъ Юпитера, показавшихъ ему новую аналогію земли съ планетами. Онъ открылъ потомъ фазисы Венеры и тогда всякое сомнѣніе касательно движенія ея вокругъ солнца исчезло. Млечный путь представилъ великому итальянскому наблюдателю безчисленное множество мелкихъ звѣздъ, которыя, вслѣдствіе иррадіаціи, смѣшиваются, для невооруженнаго глаза, въ сплошной бѣловатый свѣтъ. Блестящія точки, усмотрѣнныя имъ за предѣльною линіею отдѣляющею освѣщенную часть луны отъ темной, показали ему существованіе и высоту лунныхъ горъ. Наконецъ, онъ наблюдалъ пятна на солнечномъ дискѣ и вращательное движеніе этого свѣтила; а также странную фигуру Сатурна, причиняемую его кольцомъ. Извѣщая объ этихъ открытіяхъ, онъ замѣчалъ, что они доказываютъ движеніе земли; но мысль объ этомъ движеніи была объявлена противною религіознымъ догматамъ, цѣлымъ соборомъ кардиналовъ. Галилей знаменитѣйшій изъ защитниковъ этой идеи въ Италіи былъ преданъ суду инквизиціи и принужденъ отказаться отъ своего убѣжденія, для избѣжанія тяжкаго тюремнаго заключенія.

У геніальнаго человѣка, любовь къ истинѣ составляетъ одну изъ самыхъ сильныхъ страстей. Полный энтузіазма вдохновеннаго великимъ открытіемъ, онъ горитъ желаніемъ распространить его, а препятствія полагаемыя ему невѣжествомъ и предразсудками имѣющими въ рукахъ власть, только раздражаютъ его и увеличиваютъ его энергію. Впрочемъ, въ то время шло дѣло объ истинѣ, интересной для насъ въ высшей степени, потому что она опредѣляла мѣсто назначенное обитаемой нами планетѣ въ ряду міровыхъ тѣлъ. Если земля дѣйствительно неподвижна среди вселенной, то человѣкъ имѣетъ право считать себя главнымъ предметомъ попеченій природы, и всѣ мнѣнія, основанныя на этомъ преимуществѣ, заслуживаютъ его разсмотрѣнія. Человѣкъ можетъ тогда разумнымъ образомъ стремиться къ открытію отношеній существующихся между свѣтилами и его собственною судьбою. Но если земля представляетъ только одну изъ планетъ, обращающихся вокругъ солнца, то эта земля, уже столь малая въ солнечной системѣ, совершенно исчезаетъ въ неизмѣримости небесъ, которыхъ эта система, при всей видимой обширности, занимаетъ только незамѣтную часть. Галилей все болѣе и болѣе убѣждавшійся своими наблюденіями въ движеніи земли, долгое время размышлялъ надъ новымъ сочиненіемъ, въ которомъ онъ хотѣлъ развить доказательства этого факта. Но чтобы избѣгнуть преслѣдованій, которыхъ онъ едва не сдѣлался жертвою, онъ вздумалъ представить упомянутыя доказательства въ формѣ разговоровъ между тремя собесѣдниками, изъ которыхъ одинъ защищаетъ систему Коперника противъ нападеній перипатетика. Естественнымъ образомъ, все преимущество остается на сторонѣ защитника новой системы; но Галилей не вступается въ рѣшеніе ихъ спора, и выставивъ, въ возможной полнотѣ и силѣ, всѣ возраженія послѣдователей Птолемея, могъ ожидать спокойнаго наслажденія результатами трудовъ своей долгодневной жизни. Но успѣхъ его *разговоровъ* и неотразимость съ которою были опровергнуты въ нихъ всѣ возраженія противъ движенія земли, возбудили вниманіе инквизиціи. Семидесятилѣтній Галилей былъ вновь потребованъ предъ это судилище и покровительство великаго герцога тосканскаго не могло спасти знаменитаго итальянца отъ заключенія въ инкви-

зиціонную тюрьму. Здѣсь отъ него потребовали новаго отреченія отъ его мнѣній, съ угрозою подвергнуть его наказанію назначенному для отступниковъ, если онъ будетъ продолжать проповѣдывать осужденное ученіе. Его принудили подписать слѣдующую формулу отрѣченія.

«Я, Галилей, на семидесятомъ году отъ рожденія, на-«ходясь лично предъ судомъ, стоя на колѣняхъ и имѣя «предъ собою св. Евангеліе, котораго касаюсь собствен-«ными руками, съ искреннимъ сердцомъ и вѣрою, отре-«каюсь, проклинаю и гнушаюсь заблужденія и ереси дви-«женія земли и проч....»

Представьте себѣ старца, посвятившаго долгую прославленную жизнь изученію природы и отрекающагося на колѣняхъ, противу свидѣтельства собственной совѣсти, отъ истины доказанной имъ съ полною очевидностію. Заключенный, декретомъ инквизиціи, въ темницу, на неопредѣленное время, онъ былъ освобожденъ по настоятельной просьбѣ великаго герцога; но чтобы онъ постоянно оставался во власти инквизиціи, ему запрещено было выѣзжать изъ флорентійскихъ владѣній.

Галилей, родившійся въ Пизѣ, въ 1564 году, уже съ юныхъ лѣтъ обнаруживалъ дарованія, столь блистательно развившіяся впослѣдствіи. Механика обязана ему многими открытіями, изъ которыхъ важнѣйшее есть безспорно его теорія движенія тяжелыхъ тѣлъ, прекраснѣйшій памятникъ галилеева генія. Онъ занимался либраціею луны въ то время, когда лишился зрѣнія, и три года спустя, въ 1642 году, онъ умеръ въ Арчетри (*), оплаканный цѣлою Европою, просвѣщенною его открытіями и негодовавшею противъ ненавистнаго судилища неправедно осудившаго столь великаго мужа.

Въ то время, какъ въ Италіи преслѣдовали Галилея,

(*) Arcetri.

Кеплеръ, въ Германіи, открывалъ законы планетныхъ движеній. Но, ранѣе изложенія этихъ открытій, должно обратиться назадъ и показать успѣхи астрономіи въ сѣверной Европѣ, послѣ смерти Коперника.

Исторія этой науки представляетъ намъ въ эту эпоху большое число отличныхъ наблюдателей. Однимъ изъ самыхъ знаменитѣйшихъ былъ Гессенъ-Кассельскій ландграфъ Вильгельмъ IV. Онъ построилъ въ Касселѣ обсерваторію, снабдилъ ее превосходно сдѣланными снарядами и лично наблюдалъ ими долгое время. Онъ взялъ себѣ въ помощники двухъ отличныхъ астрономовъ — Ротмана и Юста Бирге (*). Самъ Тихонъ былъ обязанъ неотступнымъ просьбамъ ландграфа тѣми преимуществами, которыми онъ пользовался по милости короля Фридриха Датскаго.

Тихонъ Браге, одинъ изъ величайшихъ наблюдателей всѣхъ вѣковъ и народовъ, родился въ концѣ 1546 года въ Кнудступѣ, въ Сканіи. Уже съ четырнадцатилѣтняго возраста развилась въ немъ любовь къ астрономіи, по поводу затмѣнія, случившагося въ 1560 году. Въ такія лѣта, когда размышленіе еще чуждо юношѣ, точность вычисленія предсказавшаго явленіе, возбудило въ Тихонѣ горячее желаніе узнать начала, которыми достигаютъ до такихъ результатовъ. Это желаніе только усилилось вслѣдствіе препятствій встрѣченныхъ имъ со стороны его воспитателя и собственнаго семейства. Онъ путешествовалъ по Германіи, гдѣ составилъ дружескія связи и вошелъ въ переписку съ отличнѣйшими учеными и любителями астрономіи, особливо же съ ландграфомъ гессенъ-кассельскимъ, который принялъ его самымъ почетнымъ образомъ. По возвращеніи въ отечество, король Фридрихъ отдалъ въ

(*) Justus Byrge.

его распоряженіе небольшой островъ Хвэнъ, лежавшій у входа въ Балтійское море. Здѣсь построилъ Тихонъ свою знаменитую обсерваторію, извѣстную подъ названіемъ Ураниборга, и въ теченіе 21 года совершилъ тамъ огромное число наблюденій и сдѣлалъ нѣсколько замѣчательныхъ открытій. По смерти Фридриха, зависть возстала противъ Браге и заставила его оставить тихое убѣжище. Возвращеніе Браге въ Копенгагенъ не утомило ярости его преслѣдователей. Одинъ изъ министровъ (имя котораго, какъ и всѣхъ вообще людей, употребившихъ во зло свою власть, для постановленія преградъ успѣхамъ разума, должно быть предано вѣчному презрѣнію), Вальхендорпъ (*) запретилъ Тихону продолжать наблюденія. Къ счастію великій астрономъ нашелъ себѣ могущественнаго покровителя въ императорѣ Рудольфѣ II, который назначилъ ему значительную пенсію и поручилъ въ его завѣдываніе прагскую обсерваторію. Внезапная смерть постигла Тихона въ Прагѣ, 24 октября 1601 года, среди ученыхъ трудовъ, и въ лѣтахъ, которыя еще позволяли надѣяться отъ Браге великихъ услугъ для астрономіи.

Важнѣйшія заслуги, оказанныя астрономіи Тихономъ, заключаются въ слѣдующемъ:

1-е. Онъ изобрѣлъ новые снаряды и много усовершенствовалъ бывшіе до того времени въ употребленіи.

2-е. Сообщилъ наблюденіямъ несравненно бо̀льшую противу прежняго точность.

3-е. Составилъ каталогъ звѣздъ, несравненно лучшій Иппархова и Улугъ-беева.

4-е. Открылъ неравенство луны, названное имъ *варіаціею*.

5-е. Открылъ неравенства движенія узловъ и наклоненія лунной орбиты.

(*) Walchendorp.

6-е. Сдѣлалъ важное замѣчаніе, что кометы движутся гораздо далѣе этой орбиты.

7-е. Изслѣдовалъ несравненно лучше прежняго астрономическое лучепреломленіе.

8-е. Наконецъ, совершилъ весьма многочисленныя наблюденія планетъ, послужившія основаніемъ для кеплеровыхъ законовъ.

Точность тихобраговыхъ наблюденій, которымъ онъ былъ обязанъ своими открытіями касательно луннаго движенія, показали ему еще, что уравненіе времени, относительно солнца и планетъ, неприложимо къ лунѣ и что изъ него нужно было вычесть часть зависящую отъ аномаліи солнца, и даже количество еще бо̀льшее.

Кеплеръ, увлекаемый воображеніемъ къ отыскиванію отношеній и причинъ явленій, полагалъ, что движущая способность солнца заставляетъ землю вращаться вокругъ самой себя быстрѣе въ перигеліѣ чѣмъ въ афеліѣ. Дѣйствіе этого измѣненія суточнаго движенія могло быть открыто наблюденіями Тихона только въ движеніи луны, гдѣ оно въ 13 разъ значительнѣе чѣмъ въ движеніи солнца. Но такъ какъ часы, усовершенствованные приложеніемъ маятника, показали, что упомянутое дѣйствіе, въ послѣднемъ движеніи, равняется нулю и что вращеніе земли равномѣрно, то Флэмстидъ (*) перенесъ на самую луну неравенство зависящее отъ аномаліи солнца и считавшееся до того времени только кажущимся. Это неравенство, первымъ очеркомъ котораго мы обязаны Тихону, называется *годичнымъ уравненіемъ*.

Изъ этого примѣра мы видимъ, какъ наблюденіе, усовершенствуясь, открываетъ намъ неравенства, скрывавшіяся до того времени въ его погрѣшностяхъ. Изысканія

(*) Flamsteed.

Кеплера представляютъ подобный же, но еще разительнѣйшій примѣръ.

Показавъ, въ своемъ *Комментаріѣ на Марса*, что птолемеевы ипотезы необходимо уклоняются отъ наблюденій Тихона на 8 шестидесятеричныхъ минутъ, Кеплеръ прибавляетъ:

«Эта разность менѣе неточности птолемеевыхъ наблю«деній, неточности, которая, по собственному признанію «этого астронома, достигаетъ по крайней мѣрѣ десяти ми«нутъ. Но Божія милость даровала намъ въ Тихонѣ Браге «чрезвычайно точнаго наблюдателя, такъ что справедливо «благодарить Провидѣніе за это благодѣяніе. Теперь убѣ«дившись въ ложности ипотезъ до нынѣ употреблявшихся, «мы должны стремиться всѣми силами къ открытію истин«ныхъ законовъ небесныхъ движеній. Упомянутыя выше «восемь минутъ, которыми не позволено долѣе пренебре«гать, поставили меня на путь преобразованія всей астро«номіи и составляютъ главный предметъ наибольшей части «предлагаемаго труда».

Пораженный возраженіями противниковъ Коперника противу движенія земли, а можетъ быть и увлеченный тщеславіемъ дать свое имя особой астрономической системѣ, Тихонъ Браге отшатнулся отъ истинной системы представляемой природою. По его мнѣнію, земля находится неподвижною въ центрѣ мірозданія: всѣ свѣтила движутся ежесуточно вокругъ оси міра; а солнце въ своемъ годичномъ обращеніи, уноситъ съ собою планеты. Въ этой системѣ, которая, по естественному ходу идей, должна бы предшествовать Коперниковой, видимости тѣже самыя, какъ и въ теоріи движенія земли. Вообще можно представить себѣ произвольную точку, напримѣръ, центръ луны — неподвижнымъ, лишь бы только перенести, въ противномъ направленіи, на всѣ свѣтила, движеніе которымъ взятая

точка одарена. Но не очевидна ли физическая нелѣпость предположенія земли неподвижною въ пространствѣ, въ то время какъ солнце уноситъ съ собою планеты, къ числу которыхъ принадлежитъ и земля? Разстояніе земли отъ солнца, столь хорошо согласующееся съ временемъ обращенія земли въ ипотезѣ ея движенія, могло ли оставить сомнѣніе въ умѣ способномъ понимать силу аналогіи? И не должно ли повторить вмѣстѣ съ Кеплеромъ, что природа громкимъ голосомъ провозглашаетъ здѣсь истину такой ипотезы?

Должно признаться, что Тихонъ, хотя и великій наблюдатель, но былъ не очень счастливъ въ изысканіяхъ причинъ. Его не слишкомъ философскій умъ былъ, сверхъ того, зараженъ астрономическими предразсудками, которые онъ даже пытался защищать. Впрочемъ, было бы несправедливо судить о немъ съ тою же строгостію, съ какою бы мы судили о нашемъ современникѣ, который бы сталъ теперь возставать противу теоріи движенія земли, подтвержденной многочисленными открытіями, сдѣланными въ астрономіи со временъ Тихона. Затрудненія, возникавшія противу этой теоріи изъ иллюзій нашихъ чувствъ, не были еще, въ то время, объяснены. Кажущійся поперечникъ звѣздъ, большій ихъ годичнаго параллакса, давалъ имъ, въ этой теоріи, поперечники большіе чѣмъ у земной орбиты: но зрительныя трубы, показавъ что звѣзды являются намъ блестящими точками безъ поперечниковъ, уничтожили упомянутые невѣроятные размѣры. Также не понимали какимъ образомъ тѣла отдѣленныя отъ земли могли слѣдовать за ея движеніями. Законы механики объяснили эти кажущіяся затрудненія, и показали то чего не соглашался признать Тихонъ, обманутый невѣрнымъ опытомъ, именно, что тѣло падающее съ большой высоты и предоставленное одному только дѣйствію

тяжести, падаетъ на землю весьма приблизительно у подножія вертикала, отклоняясь къ востоку только на разстояніе, которое очень трудно замѣтить, по причинѣ его чрезвычайной малости; такъ что теперь для узнанія движенія земли изъ паденія тяжелыхъ тѣлъ, встрѣчается столько же затрудненій, сколько ихъ встрѣчалось въ то время, для доказательства, что оно должно быть въ упомянутомъ случаѣ нечувствительно.

Исправленіе юліанскаго календаря относится ко времени Тихона Браге. Весьма полезно связывать мѣсяцы и праздники съ одинаковыми временами года и дѣлать изъ нихъ эпохи замѣчательныя для земледѣлія. Но для полученія этого результата, драгоцѣннаго для сельскихъ жителей, нужно правильною придачею одного дня вознаградить избытокъ солнечнаго года надъ гражданскимъ, образованнымъ изъ 365 дней. Самый простой способъ такой придачи введенъ въ римскомъ календарѣ Юліемъ Кесаремъ и состоитъ въ установленіи одного високоснаго года по прошествіи трехъ простыхъ. Но предполагаемая этимъ способомъ длина года слишкомъ значительна: весеннее равноденствіе постоянно подвигалось впередъ; и въ промежутокъ шестнадцати вѣковъ протекшихъ со временъ Юлія Кесаря, оно подвинулось къ началу года на $11\frac{1}{2}$ дней. Чтобы помочь этому неудобству, папа Григорій XIII, буллою 1582 года постановилъ, что октябрь мѣсяцъ упомянутаго года будетъ состоять только изъ 21 дня; что 1600 годъ будетъ високоснымъ; что, впослѣдствіи, годъ оканчивающій каждый вѣкъ будетъ високоснымъ только однажды чрезъ четыре столѣтія. Этотъ способъ распредѣленія придаточныхъ или вставочныхъ дней, основанный на длинѣ года немного болѣе дѣйствительной, заставляетъ равноденствіе уходить впередъ около одного дня въ четыре тысячи лѣтъ; но сдѣлавъ простымъ високосный годъ оканчивающій сказанный четырехтысячелѣтній періодъ, григоріанскій способъ вставки будетъ весьма приблизительно точенъ. Впрочемъ, юліанскій календарь не былъ измѣненъ. Тогда было весьма легко назначить зимнее солнцестояніе началомъ года и правильнѣе распредѣлить длину мѣсяцевъ, давъ 31 день первому, 29 дней второму, въ обыкновенные и 30 дней въ високосные годы; остальные же мѣсяцы сдѣлать попеременно въ 31 и 30 дней. Ихъ было бы удобно назвать по численному порядку, что уничтожило бы несвойственныя этому порядку названія послѣднихъ четырехъ мѣсяцевъ года. Исправивъ потомъ, сказаннымъ порядкомъ, принятое включеніе, григоріанскій календарь удовлетворилъ бы рѣшительно самымъ взыскательнымъ требованіямъ.

Однакожь, нужно ли давать этому календарю такого рода совершенство?

Если принять въ соображеніе, что этотъ календарь принятъ нынѣ почти всѣми европейскими и американскими народами, и что, для доставленія ему этого преимущества, необходимо было два вѣка времени и все вліяніе духовныхъ властей, то понятно, что онъ долженъ быть сохраняемъ въ настоящемъ видѣ, даже съ своими несовершенствами, не касающимися впрочемъ до существенныхъ его частей. Главный предметъ календаря состоитъ въ соединеніи, помощію простаго способа включеній, событій съ рядомъ дней и въ соотвѣтственности временъ года съ одними и тѣми же мѣсяцами, въ теченіе большаго числа вѣковъ: эти условія хорошо выполняются григоріанскимъ календаремъ.

Часть календаря относящаяся къ времени празднованія Св. Пасхи, по самой своей сущности составляетъ предметъ посторонній для астрономіи, и потому я не буду здѣсь говорить о немъ.

Въ послѣдніе годы своей жизни, Тихонъ Браге имѣлъ ученикомъ и помощникомъ своимъ Кеплера, родившагося въ 1571 году, въ Филѣ, въ Вюртембергскомъ герцогствѣ. Это былъ одинъ изъ рѣдкихъ людей, которыхъ по временамъ природа даруетъ наукамъ, для проявленія теорій, подготовленныхъ трудами нѣсколькихъ вѣковъ. Поприще наукъ показалось ему сперва не вполнѣ соотвѣтствующимъ для удовлетворенія зародившагося въ немъ стремленія къ извѣстности; но сила его генія и совѣты Мэстлина привязали его къ астрономіи, которой онъ посвятилъ всю дѣятельность души своей, страстной къ славѣ.

Нетерпѣливо желая узнать причину явленій, ученый одаренный живымъ воображеніемъ, часто предвидитъ ее гораздо ранѣе чѣмъ наблюденія приведутъ его къ ней. Безъ сомнѣнія, гораздо вѣрнѣе восходить отъ явленій къ причинамъ; но исторія наукъ показываетъ намъ, что этотъ медленный и трудный путь не всегда былъ избираемъ изобрѣтателями. Какихъ опасностей не долженъ страшиться тотъ, кто избираетъ воображеніе своимъ руководителемъ! Предубѣжденный въ пользу причинъ избранныхъ этимъ вожатымъ, онъ не только не отвергаетъ ихъ, коль скоро факты противурѣчатъ имъ, но старается даже исказить самые факты, дабы подвести ихъ подъ свои ипотезы. Онъ обезображиваетъ (если смѣю такъ выразиться) твореніе природы, чтобы уподобить его созданію собственнаго воображенія, не помышляя о томъ, что время разсѣваетъ ложные призраки и утверждаетъ только результаты наблюденія и вычисленія. Философъ истинно полезный успѣхамъ наукъ долженъ соединять съ глубокимъ воображеніемъ, большую строгость въ разсужденіяхъ и опытахъ: онъ одновременно томится желаніемъ вознестись къ причинамъ явленій и страхомъ ошибиться въ тѣхъ, которыя онъ имъ приписываетъ.

Природа одарила Кеплера первымъ изъ вышеупомянутыхъ преимуществъ; а для втораго Тихонъ сообщилъ ему полезные совѣты, отъ которыхъ онъ хотя и часто уклонялся, но которымъ онъ слѣдовалъ во всѣхъ тѣхъ случаяхъ, когда могъ сравнивать свои ипотезы съ наблюденіями. Это повело его, методою исключеній, отъ одной ипотезы къ другой и наконецъ привело къ законамъ планетныхъ движеній. Тихонъ, къ которому Кеплеръ явился въ Прагу, въ первыхъ твореніяхъ своего новаго ученика провидѣлъ его геній, не смотря на таинственныя аналогіи фигуръ и чиселъ, которыми они были наполнены. Онъ убѣдилъ его заняться наблюденіями и доставилъ ему званіе императорскаго математика. Смерть Тихона, случившаяся спустя немногое число лѣтъ, передала въ руки Кеплера драгоцѣнное собраніе наблюденій славнаго его учителя: и эти наблюденія попали дѣйствительно въ хорошія руки, ибо на нихъ основалъ Кеплеръ три замѣчательнѣйшія открытія естественной философіи.

Одно изъ противустояній Марса было причиною тому что Кеплеръ занялся преимущественно движеніемъ этой планеты. Выборъ его былъ счастливъ тѣмъ, что орбита Марса есть одна изъ самыхъ эксцентричныхъ въ цѣлой планетной системѣ и планета очень сближается съ землею въ своихъ противустояніяхъ, отчего неравенства ея движенія дѣйствительнаго и кажущагося значительнѣе чѣмъ у другихъ планетъ и потому должны гораздо легче и вѣрнѣе повести къ открытію ихъ законовъ. Хотя теорія движенія земли уже уничтожила большую часть круговъ, которыми Птолемей запуталъ астрономію; но Коперникъ оставилъ еще нѣкоторые изъ нихъ неприкосновенными, для объясненія дѣйствительныхъ неравенствъ небесныхъ тѣлъ. Кеплеръ, подобно ему, обманутый ложнымъ мнѣніемъ, что движенія свѣтилъ должны быть кругообразны

и равномѣрны, долгое время пытался представить движенія Марса въ сказанной ипотезѣ. Наконецъ, послѣ многочисленныхъ попытокъ, описанныхъ въ его сочиненіи *De Stella Martis*, онъ побѣдилъ препятствіе положенное ему предразсудкомъ укоренившимся въ теченіе вѣковъ. Онъ дозналъ наконецъ, что орбита Марса есть эллипсъ, въ одномъ изъ фокусовъ котораго находится солнце, и по которому планета движется такъ, что радіусъ векторъ, проведенный отъ ея центра къ центру солнца, описываетъ площади пропорціональныя временамъ. Кеплеръ распространилъ эти результаты на всѣ прочія планеты и издалъ въ 1626 году, слѣдуя этой теоріи, навсегда памятныя въ астрономіи *Рудольфинскія таблицы*. Это были первыя въ своемъ родѣ, основанныя на истинныхъ законахъ системы міра и освобожденныя отъ всѣхъ круговъ обременявшихъ предшествовавшія таблицы.

Если отдѣлить астрономическія изысканія Кеплера отъ химерическихъ идей часто ихъ сопровождающихъ, то мы увидимъ, что онъ достигъ открытія упомянутыхъ законовъ слѣдующимъ путемъ.

Онъ убѣдился сперва, что равенство угловаго движенія Марса имѣло чувствительнымъ образомъ мѣсто только около одной точки, находящейся по ту сторону центра его орбиты относительно солнца. Онъ открылъ тоже самое и у земли, сравнивъ между собою избранныя наблюденія Марса, котораго орбита, по величинѣ своего годичнаго параллакса, способна для показанія взаимныхъ размѣровъ орбиты земной. Руководимый началомъ, что фокусы небесныхъ движеній должны находиться въ центрахъ большихъ притягивающихъ тѣлъ, Кеплеръ заключилъ изъ этихъ результатовъ, что дѣйствительныя движенія планетъ неравномѣрны, и что, въ пунктахъ наибольшей и наименьшей скорости, площади описанныя въ одни сутки

радіусомъ векторомъ планеты вокругъ солнца, должны быть одинаковы. Онъ распространилъ такое равенство площадей на всѣ пункты орбиты, что и дало ему законъ пропорціональности площадей временамъ. Потомъ, наблюденія Марса около его квадратуръ открыли ему, что орбита этой планеты есть овалъ продолговатый по направленію діаметра соединяющаго точки крайнихъ скоростей. Это привело его, наконецъ, къ эллиптическому движенію.

Безъ греческихъ умозрѣній относительно кривыхъ образующихся при разсѣченіи конуса плоскостію, вышеупомянутые прекрасные законы оставались бы можетъ быть неизвѣстными до нашего времени. Эллипсъ представляетъ одну изъ кривыхъ коническаго сѣченія, и его продолговатая фигура родила въ умѣ Кеплера мысль заставить Марса вращаться по такой кривой. Вскорѣ, помощію многочисленныхъ свойствъ, найденныхъ древними въ коническихъ сѣченіяхъ, онъ убѣдился въ истинѣ своей ипотезы. Исторія наукъ представляетъ намъ много примѣровъ подобныхъ приложеній чистой геометріи и ихъ выгодъ; потому что все связано между собою въ неизмѣримой цѣпи истинъ, и нерѣдко одного наблюденія достаточно для оплодотворенія многихъ, по видимому самыхъ безплодныхъ, перенося ихъ къ природѣ, которой явленія представляютъ одни математическіе результаты небольшаго числа неизмѣнныхъ законовъ.

Сознаніе этой истины вѣроятно породило таинственныя аналогіи пиѳагорейцевъ: онѣ увлекли Кеплера и онъ обязанъ имъ однимъ изъ своихъ прекраснѣйшихъ открытій. Увѣренный, что среднія разстоянія планетъ отъ солнца и ихъ обращенія должны быть опредѣлены согласно такимъ аналогіямъ, онъ долгое время сравнивалъ ихъ, то съ правильными геометрическими тѣлами, то съ промежутками тоновъ. Наконецъ, послѣ семнадцатилѣтнихъ безпо-

лезныхъ усилій, напавъ на мысль сравнить степени разстояній съ степенями временъ звѣздныхъ обращеній, онъ нашелъ, что квадраты тѣхъ временъ относятся между собою какъ кубы большихъ осей орбитъ. Этотъ весьма важный законъ, Кеплеръ имѣлъ удовольствіе встрѣтить также въ системѣ юпитеровыхъ спутниковъ: онъ распространяется впрочемъ и на всѣ остальныя системы спутниковъ.

Опредѣливъ кривую описываемую планетами вокругъ солнца и открывъ законы ихъ движеній, Кеплеръ слишкомъ приблизился къ началу отъ котораго происходятъ эти законы, чтобы не предчувствовать присутствіе этого начала. Изысканіе сего послѣдняго нерѣдко занимало его дѣятельный умъ; но тогда еще не наступило время сдѣлать этотъ послѣдній шагъ, который предполагалъ изобрѣтеніе динамики и анализа безконечныхъ. Вмѣсто того, чтобы приблизиться къ цѣли, Кеплеръ отдалился отъ нея безплодными умозрѣніями касательно движущей силы планетъ. Онъ предполагалъ въ солнцѣ вращательное движеніе на оси перпендикулярной къ эклиптикѣ: нематеріальныя истеченія этого свѣтила въ плоскости экватора, одаренныя дѣятельностію уменьшающеюся пропорціонально разстояніямъ и сохраняющія свое первоначальное движеніе обращенія, заставляли каждую планету участвовать въ такомъ кругообращеніи. Въ тоже самое время, планета, по особаго рода инстинкту или магнитизму, попеременно то приближалась къ солнцу, то отъ него удалялась, поднималась надъ солнечнымъ экваторомъ и спускалась подъ него, такъ что описывлла эллипсъ, постоянно находящійся въ одной и той же плоскости, проходящей чрезъ центръ солнца. Посреди такихъ многочисленныхъ уклоненій, Кеплеръ былъ однакожъ приведенъ къ здравымъ воззрѣніямъ относительно всемірнаго тяготѣнія, въ

сочиненіи *De Stella Martis* (*), въ которомъ онъ представилъ свои главныя открытія.

Вотъ что говоритъ онъ:

«Тяжесть есть ничто иное какъ матеріальное и взаим«ное влеченіе (affection) между тѣлами, помощію котораго «они стремятся къ соединенію.

«Тяжесть тѣлъ не направлена къ центру міра, но къ «центру круглаго тѣла, котораго они сами составляютъ «часть. Если бы земля не была шарообразна, то тяжелыя «тѣла, находящіяся на различныхъ частяхъ ея поверхно«сти, не падали бы къ одному центру.

«Два отдѣльныя тѣла стремятся другъ къ другу, какъ «два магнита, пробѣгая, для соединенія, пространства об«ратно пропорціональныя ихъ массамъ. Если бы земля и «луна не были удерживаемы на пространствѣ ихъ раздѣ«ляющемъ, животною или другою равнодѣйствующею ей «силою, то онѣ упали бы одна на другую, при чемъ, если «предположить ихъ одинаково плотными, луна совершила «бы $\frac{53}{54}$ пути, а земля остальную его часть.

«Если бы земля перестала притягивать къ себѣ воды «океана, то онѣ устремились бы къ лунѣ, вслѣдствіе при«тягательной силы этого свѣтила.

«Эта сила, простирающаяся до земли, производитъ на «послѣдней явленія морскаго прилива и отлива».

Такимъ образомъ, знаменитое сочиненіе нами сейчасъ приведенное, содержитъ въ себѣ первые зародыши небесной механики, столь счастливо развитой Ньютономъ и его послѣдователями.

Можно удивляться, что Кеплеръ не приложилъ законовъ эллиптическаго движенія къ кометамъ. Но, увлеченный пылкимъ воображеніемъ, онъ упустилъ изъ вида нить

(*) О Марсовой звѣздѣ.

аналогій, которая должна была привести его къ этому великому открытію. По его мнѣнію, кометы были только метеоры погруженные въ эѳирѣ. Онъ пренебрегъ изученіемъ ихъ движеній и остановился посрединѣ пути имъ открытаго, предоставивъ своимъ послѣдователямъ часть славы, которую онъ могъ еще пріобрѣсть. Въ его время, едва начинали усматривать ходъ методы въ изысканіи истины, къ которой геній достигалъ только инстиктивно, и часто съ примѣсью множества заблужденій. Вмѣсто того, чтобы съ трудомъ подниматься рядомъ наведеній отъ частныхъ явленій къ болѣе объемлющимъ, а отъ послѣднихъ къ общимъ законамъ природы, казалось пріятнѣе и легче подчинять всѣ явленія условіямъ приличія и гармоніи, созданнымъ воображеніемъ и видоизмѣняемымъ по его силѣ. Такъ Кеплеръ объяснялъ устройство солнечной системы законами музыкальной гармоніи. Прискорбно для ума человѣческаго видѣть этого великаго человѣка, даже въ послѣднихъ его сочиненіяхъ, съ наслажденіемъ погружающагося въ подобныя химерическія созерцанія и считающаго ихъ душою и жизнію астрономіи. Примѣсь такихъ мечтаній къ его истиннымъ открытіямъ, была, безъ сомнѣнія, причиною, почему современные ему астрономы, и въ томъ числѣ Декартъ и Галилей, могшіе извлечь изъ его законовъ самыя выгодныя послѣдствія, по видимому не чувствовали ихъ важности. Галилей, въ пользу движенія земли, могъ привести одно изъ самыхъ сильныхъ доказательствъ, именно сходство его съ законами эллиптическаго движенія всѣхъ планетъ, и особенно, съ отношеніемъ квадрата временъ обращенія къ кубу среднихъ разстояній отъ солнца. Но эти законы вошли во всеобщее употребленіе, только послѣ того, какъ Ньютонъ принялъ ихъ за основаніе своей теоріи системы міра.

Астрономія обязана еще Кеплеру многими полезными трудами; а его сочиненія относительно оптики, наполнены новыми и интересными вещами. Онъ усовершенствовалъ тамъ телескопъ и его теорію: онъ объяснилъ тамъ механизмъ зрѣнія, до того времени неизвѣстный; онъ показываетъ тамъ истинную причину пепельнаго свѣта луны; но послѣднее открытіе онъ уступаетъ Мэстлину, которому принадлежитъ его честь, а также благодарность за привлеченіе Кеплера на поприще астрономіи и за обращеніе Галилея къ коперниковой системѣ. Наконецъ, въ своемъ сочиненіи *Stereometria doliorum*, Кеплеръ предлагаетъ о безконечномъ виды, имѣвшіе вліяніе на преобразованіе геометріи, совершившееся въ концѣ предпрошедшаго вѣка. Ферма̀, котораго должно считать истиннымъ изобрѣтателемъ дифференціальнаго исчисленія, основалъ на вышеупомянутыхъ видахъ свою прекрасную методу *наибольшихъ* (méthode des maxima).

Обладая столькими правами на удивленіе, великій Кеплеръ жилъ въ бѣдности, тогда какъ астрологи, повсюду чествуемые, получали богатые оклады. Къ счастію, познаніе истины открывающейся геніальному человѣку и надежда на справедливость и признательность потомства, заставляютъ утѣшиться въ неблагодарности современниковъ. Кеплеру были назначены пенсіи, но ихъ выплачивали весьма дурно. Отправившись въ Регенсбургъ для исходатайствованія у Сейма выдачи недоплаченныхъ окладовъ, онъ умеръ въ этомъ городѣ 15 ноября 1631 года.

Въ послѣдніе годы жизни, Кеплеръ имѣлъ удовольствіе видѣть изобрѣтеніе и начало употребленія логариѳмовъ. Это открытіе шотландца, барона Непира, представляетъ удивительный пріемъ совершенствующій остроумный алгориѳмъ индійцевъ: сокращая вычисленія нѣсколькихъ мѣсяцевъ на трудъ нѣсколькихъ дней, оно, такъ сказать,

удвоиваетъ жизнь астрономовъ и освобождаетъ ихъ отъ погрѣшностей и утомленія, неразлучныхъ съ длинными вычисленіями. Это изобрѣтеніе тѣмъ лестнѣе для ума человѣческаго, что оно почерпнуто вполнѣ собственно изъ этого источника. Въ искусствахъ, человѣкъ, для увеличенія своего могущества, пользуется матеріалами и силами представляемыми природою; въ дѣлѣ же логариѳмовъ, все было результатомъ его собственнаго ума.

За трудами Кеплера и Галилея, вскорѣ послѣдовали труды Гюйгенса. Немного существовало людей на свѣтѣ, которые бы принесли такую пользу наукамъ, важностію и возвышенностію своихъ изслѣдованій. Приложеніе маятника къ часамъ есть одинъ изъ прекраснѣйшихъ подарковъ сдѣланныхъ астрономіи и географіи, одолженныхъ своими быстрыми успѣхами какъ этому счастливому изобрѣтенію, такъ и изобрѣтенію телескопа, котораго теорія и практическое исполненіе значительно усовершенствованы Гюйгенсомъ. Помощію превосходныхъ предметныхъ стеколъ, имъ самимъ приготовленныхъ, этотъ великій человѣкъ дознолъ, что странный кажущійся видъ Сатурна происходитъ отъ тонкаго кольца, окружающаго эту планету. Ревностное наблюденіе Сатурна привело Гюйгенса къ открытію одного изъ его спутниковъ. Оба эти открытія описаны въ гюйгенсовой *Systema Saturnium*, сочиненіи сохраняющемъ еще нѣсколько слѣдовъ пиѳагорейскихъ идей, которыя были такъ злоупотребляемы Кеплеромъ, но которые окончательно изгладились, благодаря истинному духу наукъ, сдѣлавшему, въ томъ вѣкѣ, такіе быстрые успѣхи. Сатурновъ спутникъ уравнивалъ общее число спутниковъ съ числомъ извѣстныхъ въ то время планетъ и Гюйгенсъ, считая такое равенство необходимымъ для гармоніи системы міра, осмѣлился почти утверждать, что неоткрытыхъ спутниковъ болѣе не существуетъ; а нѣсколько лѣтъ спустя, Кассини открылъ четыре новыхъ спутника у того же Сатурна.

Геометрія, механика и оптика обязаны Гюйгенсу большимъ числомъ открытій, и если бы этотъ рѣдкій геній попалъ на мысль совокупить свои теоремы о центробѣжной силѣ, съ прекрасными своими изысканіями надъ эволютами (*) и съ законами Кеплера, то похитилъ бы у Ньютона его теорію криволинейныхъ движеній и всемірнаго тяготѣнія. Но въ такихъ-то именно сближеніяхъ и заключаются открытія.

Въ тоже время Гевелій сдѣлался извѣстнымъ своими обширными работами и особенно наблюденіями пятенъ и либраціи луны. Мало можно насчитать столь неутомимыхъ наблюдателей. Только должно сожалѣть, что онъ не хотѣлъ допустить приложенія зрительныхъ трубъ къ квадрантамъ; а это изобрѣтеніе, придающее наблюденіямъ неизвѣстную дотолѣ точность, было причиною того, что большая часть наблюденій Гевелія оказались безполезными для астрономіи.

Въ эту эпоху астрономія получила новое развитіе чрезъ учрежденіе ученыхъ обществъ. Природа такъ разнообразна въ своихъ произведеніяхъ и явленіяхъ, и такъ трудно проникнуть ихъ причины, что для ея познанія и для открытія ея законовъ, необходимо чтобы большое число людей соединили свои знанія и свои усилія. Такого рода соединеніе сдѣлалось особенно нужнымъ въ ту эпоху, когда успѣхи наукъ, умножая точки ихъ прикосновенія, не позволяли долѣе одному человѣку углубляться во всѣ ихъ отдѣльныя части: тогда проявилась необходимость въ взаимныхъ содѣйствіяхъ между учеными. Физикъ нуждается въ геометрѣ для восхожденія къ общимъ причинамъ на-

(*) Эволюты или линіи развертки.

блюдаемыхъ имъ явленій; а геометръ, въ свою очередь, обращается къ физику дабы сдѣлать свои изысканія полезными чрезъ приложеніе ихъ къ опыту и для проложенія этими же примѣненіями новыхъ путей въ анализѣ. Но главная выгода отъ академій заключается въ философскомъ духѣ въ нихъ господствующемъ и оттуда распространяющемся на цѣлый народъ и на всѣ предметы. Отдѣльный ученый можетъ безбоязненно предаваться духу системы: ему только издали слышатся противурѣчія имъ встрѣчаемыя. Но, въ ученомъ обществѣ, столкновеніе систематическихъ мнѣній приводитъ къ конечному ихъ разрушенію; а желаніе взаимнаго убѣжденія необходимо устанавливаетъ между членами условіе принимать только результаты наблюденія и вычисленія.

И дѣйствительно, опытъ показалъ, что, со времени основанія академій, истинная философія распространилась повсемѣстно. Подавая примѣръ, что все должно быть подвергаемо изслѣдованію строгаго разума, академіи истребили предразсудки, которые слишкомъ долго господствовали въ наукахъ и которые раздѣлялись лучшими умами предшествовавшихъ вѣковъ. Ихъ полезное вліяніе на общее мнѣніе разсѣеваетъ въ наше время заблужденія принимаемыя съ энтузіазмомъ, и которыя, въ былыя времена, должны бы были увѣковѣчиться. Одинаково удаленныя отъ легковѣрія, которое принимаетъ все, и отъ предубѣжденія, которое отвергаетъ все, что уклоняется отъ принятыхъ идей, ученыя общества, относительно трудныхъ вопросовъ и необыкновенныхъ явленій, всегда съ мудростію ожидали отвѣтовъ опыта, и вызывали такіе отвѣты, поощряя ихъ преміями и собственными трудами. Измѣряя достоинство открытій, столько же по ихъ величію и трудности, сколько и по непосредственной ихъ пользѣ, и убѣжденныя множествомъ примѣровъ, что самое безплодное по

видимому открытіе можетъ со временемъ имѣть важныя послѣдствія, ученыя общества поощряли изысканіе истины по всѣмъ отраслямъ, исключая лишь тѣ, которыя, судя по ограниченности человѣческаго разума, останутся вѣчно для него недоступными (*).

Наконецъ, изъ среды академій и ученыхъ обществъ возникли великія теоремы, которыхъ общность ставитъ ихъ выше понятій толпы, и которыя, многочисленными приложеніями, распространяясь на природу и искусства, сдѣлались неисчерпаемыми источниками свѣдѣній и наслажденій. Мудрыя правительства, убѣжденныя въ пользѣ ученыхъ обществъ и считая ихъ главными основами славы и процвѣтанія государствъ, старались объ ихъ учрежденіи, и пользуясь ихъ свѣдѣніями нерѣдко извлекали изъ нихъ большія выгоды.

Изъ всѣхъ ученыхъ обществъ, самыя знаменитыя множествомъ и важностію астрономическихъ открытій—парижская академія наукъ и лондонское королевское общество. Первая основана въ 1666 году Людовикомъ XIV, предвидѣвшимъ блескъ, который науки и искусства должны были распространить на его царствованіе. Этотъ государь, при помощи достойнаго своего сотрудника Кольбера, пригласилъ нѣсколькихъ иностранныхъ ученыхъ къ переселенію въ его столицу. Гюйгенсъ послѣдовалъ подобному лестному призыву и, въ средѣ академіи, которой онъ былъ однимъ изъ первыхъ членовъ, издалъ свое превосходное сочиненіе *De horologio oscillatorio*.

Доминикъ Кассини былъ также привлеченъ въ Парижъ благодѣяніями Людовика XIV. Сорокалѣтними полезными

(*) О предметахъ недоступныхъ, всякій умный человѣкъ долженъ сказать, вмѣстѣ съ Монтенемъ (Montaigne): *невѣжество и отсутствіе любопытства представляютъ мягкую и покойную подушку для отдохновенія хорошо устроенной головы* (L'ignorance et l'incuriosite sont un mol et doux chevet pour réposer une tête bien faite).

трудами онъ обогатилъ астрономію множествомъ открытій, каковы:

1-е. Теорія спутниковъ Юпитера, которыхъ движенія онъ опредѣлилъ наблюденіями ихъ затмѣній.

2-е. Открытіе четырехъ спутниковъ Сатурна.

3-е. Открытіе вращательнаго движенія Юпитера и Марса.

4-е. Открытіе зодіакальнаго свѣта.

5-е. Весьма приблизительное опредѣленіе параллакса солнца.

6-е. Весьма точная таблица лучепреломленій.

7-е. Особенно же, полная теорія либраціи луны.

Галилей разсматривалъ либрацію только по широтѣ; Гевелій же объяснилъ либрацію по долготѣ, предположивъ что луна представляетъ всегда одну и туже сторону къ центру лунной орбиты, въ одномъ изъ фокусовъ которой находится земля. Ньютонъ, въ письмѣ къ Меркатору (1675 г.), усовершенствовалъ объясненіе Гевелія, приведя его къ простой идеѣ равномѣрнаго движенія луны вокругъ самой себя, въ тоже время какъ она движется неравномѣрно вокругъ земли; но онъ, вмѣстѣ съ Гевеліемъ, предполагалъ ось этого вращенія перпендикулярною къ эклиптикѣ. Кассини собственными наблюденіями дознàлъ что упомянутая ось немного наклонена къ эклиптикѣ подъ постояннымъ угломъ; а для удовлетворенія условію уже замѣченному Гевеліемъ, по которому всѣ неравенства либраціи возстановляются при каждомъ обращеніи узловъ лунной орбиты, онъ заставилъ постоянно совпадать съ ними узлы луннаго экватора. Таковъ былъ успѣхъ идей относительно одного изъ любопытнѣйшихъ вопросовъ системы міра.

Многочисленность академиковъ-астрономовъ рѣдкаго достоинства и предѣлы этого историческаго очерка не

позволяютъ мнѣ дать здѣсь отчетъ объ ихъ трудахъ. Я ограничусь только замѣчаніемъ, что приложеніе зрительныхъ трубъ къ квадранту, изобрѣтеніе микрометра и эліометра, послѣдовательное распространеніе свѣта, величина земли и уменьшеніе тяжести на экваторѣ, представляютъ рядъ открытій вышедшихъ изъ среды парижской академіи наукъ.

Не менѣе того обязана астрономія и лондонскому королевскому обществу, котораго основаніе опередило нѣсколькими годами парижскую академію наукъ. Между астрономами сейчасъ упомянутаго общества, я назову Флэмстида (*), одного изъ величайшихъ наблюдателей всѣхъ временъ. Потомъ, Галлея прославившагося путешествіями предпринятыми съ цѣлію усовершенствованія наукъ, прекраснымъ трудомъ о кометахъ, открывшимъ ему возвращеніе кометы 1759 года, и остроумною мыслію употребить прохожденія Венеры по солнцу для опредѣленія солнечнаго параллакса. Наконецъ, я упомяну о Брэдлеѣ (**), образцѣ наблюдателей, навсегда прославленномъ двумя изъ прекраснѣйшихъ астрономическихъ открытій, именно: аберраціи свѣта неподвижныхъ звѣздъ и нутаціи земной оси.

Когда приложеніе маятника къ часамъ и зрительной трубы къ квадранту сдѣлало чувствительнымъ для наблюдателей малѣйшія измѣненія въ положеніяхъ небесныхъ тѣлъ, то астрономы искали опредѣлить годичный параллаксъ звѣздъ. Весьма естественно было думать, что такое большое протяженіе, каковъ поперечникъ земной орбиты, должно быть замѣтнымъ на разстояніи отдѣляющемъ отъ насъ звѣзды. Наблюдая ихъ весьма тщательно во всѣ

(*) Flamsteed.
(**) Bradley.

времена года, они замѣтили легкія измѣненія, иногда благопріятствующія, но чаще противныя дѣйствіямъ параллакса. Для опредѣленія законовъ этихъ измѣненій нуженъ былъ снарядъ съ большимъ поперечникомъ, раздѣленный съ крайнею точностію. Художникъ его изготовившій заслуживаетъ часть славы астронома обязаннаго ему своими открытіями. Знаменитый англійскій часовщикъ Греэмъ или Грэгэмъ (*), построилъ большой секторъ, которымъ, въ 1727 году, Брэдлей открылъ аберрацію звѣздъ. Для объясненія этого явленія, великій англійскій астрономъ возъимѣлъ счастливую мысль соединить движеніе земли съ движеніемъ свѣта, выведеннымъ, въ концѣ предпрошедшаго вѣка, Рёмеромъ, изъ затмѣній Юпитеровыхъ спутниковъ. Должно удивляться, что въ теченіе полувѣка, отдѣляющаго это открытіе отъ брэдлеева, ни одинъ изъ весьма замѣчательныхъ ученыхъ, жившихъ въ то время и принимавшихъ движеніе свѣта, не обратилъ вниманія на весьма простыя дѣйствія, которыя должны происходить отъ такого движенія въ положеніи звѣздъ. Но человѣческій умъ, столь дѣятельный въ составленіи системъ, часто ожидалъ пока наблюденіе и опытъ покажутъ ему важныя истины, которыя могли бы быть открыты простымъ разсужденіемъ. Такъ открытіе астрономическихъ трубъ совершилось болѣе трехъ вѣковъ позже открытія чечевицеобразныхъ стеколъ; да и то совершилось благодаря простому случаю.

Въ 1745 году, Брэдлей наблюденіями открылъ нутацію земной оси и ея законы. Во всѣхъ этихъ кажущихся измѣненіяхъ звѣздъ, наблюденныхъ съ чрезвычайнымъ тщаніемъ, онъ не замѣтилъ ничего указывавшаго на чувствительный параллаксъ. Этому же великому астроному мы

(*) Graham.

обязаны первыми свѣдѣніями о неравенствахъ спутниковъ Юпитера, пространно развитыхъ впослѣдствіи Варгентиномъ. Наконецъ, онъ оставилъ огромное собраніе наблюденій всѣхъ явленій представленныхъ небомъ около половины минувшаго столѣтія, въ теченіе болѣе десяти послѣдовательныхъ лѣтъ. Многочисленность этихъ наблюденій и точность ихъ отличающая, дѣлаютъ изъ этого собранія одно изъ главныхъ оснований новѣйшей астрономіи и эпоху, отъ которой мы должны исходить въ деликатныхъ изысканіяхъ науки. Это собраніе послужило образцомъ для многихъ подобныхъ же сборниковъ, которые, совершенствуясь послѣдовательно успѣхами искусствъ, представляютъ какъ бы указательные столбы на пути небесныхъ тѣлъ, для обозначенія ихъ періодическихъ и вѣковыхъ измѣненій.

Въ туже эпоху процвѣтали Лакайль (*) во Франціи и Товія Майеръ въ Германіи, два неутомимые наблюдателя и трудолюбивые вычислителя усовершенствовавшіе теоріи и астрономическія таблицы, и составившіе, по собственнымъ наблюденіямъ, звѣздные каталоги, которые, при сравненіи съ брэдлеевымъ, опредѣляютъ съ большою точностію положеніе неба въ половинѣ минувшаго вѣка.

Кромѣ брэдлеевыхъ открытій, астрономія обязана XVIII вѣку еще слѣдующими:

1-е. Измѣреніемъ градусовъ земныхъ меридіановъ и длины маятника, совершенными въ весьма многихъ и различныхъ частяхъ земнаго шара. Франція и тутъ подала примѣръ измѣреніемъ полной дуги меридіана ее пересѣкающаго и посылкою академиковъ къ сѣверу и на экваторъ, для наблюденія величины сказанныхъ градусовъ и напряженія тяжести. Дуга меридіана между Дюнкеркомъ

(*) La Caille.

и Форментерою, опредѣлена весьма точными измѣреніями и послужила основаніемъ естественнѣйшей и простѣйшей системы мѣръ.

2-е. Путешествіями, предпринятыми для наблюденія двухъ прохожденій Венеры по солнцу, въ 1761 и 1769 годахъ, и весьма приблизительнымъ познаніемъ размѣровъ солнечной системы, плодомъ тѣхъ путешествій.

3-е. Изобрѣтеніемъ астрономическихъ трубъ, морскихъ часовъ, октанта и повторительнаго круга, придуманнаго Майеромъ и усовершенствованнаго Бордою.

4-е. Составленіемъ майеровыхъ лунныхъ таблицъ, достаточно точныхъ для опредѣленія долготъ на морѣ.

5-е. Открытіемъ планеты Урана, сдѣланнымъ Гершелемъ въ 1781 году.

6-е. Наконецъ, открытіемъ урановыхъ спутниковъ и двухъ новыхъ спутниковъ Сатурна, тѣмъ же наблюдателемъ.

Таковы, повторяемъ, открытія обогатившія астрономію въ прошломъ вѣкѣ, кромѣ уже вышеисчисленныхъ, совершенныхъ Брэдлеемъ.

Настоящій вѣкъ начался самымъ счастливымъ для астрономіи образомъ. Первая ночь этого столѣтія замѣчательна открытіемъ Цереры, усмотрѣнной въ Палермо астрономомъ Піацци. За этимъ открытіемъ вскорѣ послѣдовали открытія Паллады и Весты Олберсомъ и Юноны Гардингомъ (*).

(*) Мы еще прежде, въ *Прибавленіяхъ*, упомянули о послѣдовательныхъ открытіяхъ другихъ астероидовъ, а также и планеты Нептуна съ его спутникомъ и восьмаго спутника Сатурна. *Прим. перев.*

ГЛАВА ПЯТАЯ.

ОБЪ ОТКРЫТІИ ВСЕМІРНАГО ТЯГОТѢНІЯ.

Показавъ какими успѣхами человѣческій умъ достигъ до открытія законовъ небесныхъ движеній, мнѣ остается еще сказать о томъ, какъ онъ возвысился до общаго начала отъ котораго они происходятъ.

Декартъ, первый сдѣлалъ попытку отнесенія причины тѣхъ движеній къ механикѣ. Онъ придумалъ вихри тонкой матеріи, въ центрѣ которыхъ помѣстилъ солнце и планеты. Планетные вихри увлекаютъ спутниковъ; а вихрь солнца уноситъ планеты спутниковъ и ихъ вихри. Движенія кометъ, направленныя во всѣ стороны, заставили исчезнуть эти различные вихри, точно такъ какъ они уничтожили твердость небеснаго свода и всю систему круговъ придуманныхъ древними астрономами. Декартъ, въ небесной механикѣ, не былъ счастливѣе Птолемея въ астрономіи; но труды ихъ по этимъ предметамъ не остались безполезными для наукъ. Птолемей, сквозь четырнадцать вѣковъ невѣжества, передалъ намъ астрономическія истины, открытыя древними и имъ пополненныя. Въ то время, когда явился Декартъ, движеніе, сообщенное умамъ открытіями типографскаго искусства и Новаго Свѣта, религіозными преобразованіями и системою Коперника, сдѣлало ихъ жадными до новостей. Декартъ замѣнивъ древнія заблужденія новыми, болѣе привлекательными и поддерживаемыми всѣмъ авторитетомъ его геометрическихъ трудовъ, уничтожилъ вліяніе Аристотеля, которое едва ли бы поколебалось болѣе разумною философіею. Декартовы вихри, принятые сперва съ энтузіазмомъ, какъ основанные на движеніяхъ земли и планетъ вокругъ солнца, способствовали къ общему принятію этихъ

движеній. Но, положивъ началомъ, что должно сомнѣваться во всемъ, Декартъ самъ училъ подвергать его мнѣнія строгому изслѣдованію; и его астрономическая система вскорѣ разрушилась позднѣйшими открытіями, которыя въ соединеніи съ его собственными, съ кеплеровыми и галилеевыми и, наконецъ, съ полученными въ то время философскими идеями о всѣхъ предметахъ вообще, сдѣлали изъ его вѣка, уже прославленнаго множествомъ мастерскихъ произведеній литературы и изящныхъ художествъ, замѣчательнѣйшую эпоху въ исторіи человѣческаго ума.

На долю Ньютона выпалъ жребій познакомить насъ съ общимъ началомъ небесныхъ движеній. Одаривъ его глубокимъ геніемъ, природа позаботилась еще о поставленіи его среди самыхъ благопріятныхъ обстоятельствъ. Декартъ измѣнилъ видъ математическихъ наукъ плодотворнымъ приложеніемъ алгебры къ теоріи кривыхъ линій и перемѣнныхъ функцій. Ферма̀ положилъ основанія анализу безконечныхъ своими прекрасными методами *наибольшихъ* и касательныхъ. Уэллисъ (*), Ренъ (**) и Гюйгенсъ открыли законы сообщенія движенія. Открытія Галилея касательно паденія тяжелыхъ тѣлъ и Гюйгенса надъ эволютами или линіями развертки и надъ центробѣжною силою, приводили къ теоріи движенія по кривымъ. Кеплеръ опредѣлилъ кривыя описываемыя планетами и провидѣлъ всемірное тяготѣніе. Наконецъ, Хукъ (***) очень хорошо понималъ, что планетныя движенія представляютъ результатъ первоначальной силы верженія, соединенной съ притягательною силою солнца. Небесная механика ожидала только, для своего рожденія, чтобы геніальный умъ, сближая и

(*) Wallis.
(**) Wren.
(***) Hook.

обобщая эти открытія, съумѣлъ извлечь изъ нихъ законъ тяготѣнія. Это совершилъ Ньютонъ въ своемъ твореніи «Математическія начала естественной философіи».

Этотъ мужъ, славный во многихъ отношеніяхъ, родился въ Англіи въ Вульстропѣ (*), въ концѣ 1642 г., памятнаго смертію Галилея. Уже первыя его занятія математикою предвѣщали чѣмъ онъ будетъ впослѣдствіи. Бѣглаго чтенія элементарныхъ книгъ было ему достаточно для ихъ уразумѣнія; потомъ онъ прочелъ геометрію Декарта, оптику Кеплера и ариѳметику безконечныхъ Уэллиса; и вскорѣ за тѣмъ, восходя къ новымъ изобрѣтеніямъ, Ньютонъ, не достигнувъ еще двадцатисемилѣтняго возраста, создалъ свое *исчисленіе приращеній* (calcul des fluxions) и свою *теорію свѣта*. Заботясь о своемъ спокойствіи и опасаясь ученыхъ распрей (которыхъ бы онъ лучше избѣгнулъ раньше обнародовавъ свои открытія), онъ не торопился изданіемъ въ свѣтъ плодовъ своихъ изысканій.

Другъ и учитель Ньютона, докторъ Барроу (**), отказался въ его пользу отъ каѳедры математики въ кембриджскомъ университетѣ. Во время этого профессорства, уступая просьбамъ Галлея и убѣжденіямъ лондонскаго королевскаго общества, издалъ онъ свои «Начала». Кембриджскій университетъ, котораго привилегію Ньютонъ ревностно защищалъ противу короля Іакова II, избралъ его своимъ представителемъ въ парламенты 1688 и 1701 годовъ. Король Уильямъ назначилъ его директоромъ монетнаго двора, а королева Анна пожаловала ему дворянство. Избранный въ 1703 году президентомъ королевскаго общества, онъ оставался на этомъ креслѣ безпрерывно до самой смерти. Во все теченіе своей долгой жизни онъ пользовался величайшимъ уваженіемъ, и по смерти

(*) Woolstrop.
(**) Barrow.

его, случившейся въ 1727 году, знатнѣйшіе изъ его соотечественниковъ и знаменитѣйшіе люди Англіи, имъ прославленной, воздали ему величайшія посмертныя почести.

Въ 1666 году, Ньютонъ, живя въ сельскомъ уединеніи, впервые обратилъ свои мысли на систему міра. Тяжесть тѣлъ на вершинахъ высочайшихъ горъ, равняясь весьма приблизительно существующей на земной поверхности, заставила его предполагать, что она распространяется до луны; и что, соединяясь съ движеніемъ верженія этого спутника, заставляетъ его описывать вокругъ земли эллиптическую орбиту. Для повѣрки этого умозаключенія, должно было знать законъ уменьшенія тяжести. Ньютонъ сообразилъ, что если земная тяжесть удерживаетъ луну въ ея орбитѣ, то, подобнымъ же образомъ, планеты должны удерживаться въ своихъ орбитахъ тяготѣніемъ ихъ къ солнцу; и онъ доказалъ это помощію закона площадей пропорціональныхъ временамъ. Изъ найденнаго Кеплеромъ, постояннаго отношенія между квадратами временъ планетныхъ обращеній и кубами большихъ осей ихъ орбитъ, выводится, что ихъ центробѣжная сила и, слѣдовательно, ихъ стремленіе къ солнцу, уменьшаются какъ квадраты ихъ разстояній отъ центра дневнаго свѣтила. Ньютонъ предположилъ тотъ же самый законъ уменьшенія въ тяжести тѣла, по мѣрѣ того, какъ оно возвышается надъ поверхностію земли (*). Исходя отъ опытовъ Галилея надъ паденіемъ тяжелыхъ тѣлъ, онъ опредѣляетъ высоту, на которую бы луна, предоставленная самой себѣ, опустилась бы къ землѣ, въ короткій промежутокъ времени. Эта высота есть синусъ-верзусъ дуги описываемой ею въ тотъ же промежутокъ, синусъ даваемый луннымъ параллаксомъ въ частяхъ земнаго радіуса. Такимъ образомъ, для сравненія съ наблюденіемъ закона тяжести обратно пропорціональной квадрату разстоянія, необходимо было знать величину земнаго радіуса. Но Ньютонъ, имѣя въ рукахъ ошибочное измѣреніе земнаго меридіана, пришелъ къ результату отличному отъ того, котораго онъ ожидалъ; и подозрѣвая, что неизвѣстныя силы присоединяются къ тяготѣнію луны, онъ покинулъ свои идеи.

(*) Между всѣми законами уничтожающими притяженіе на безконечномъ разстояніи, только въ одномъ естественномъ законѣ это предположеніе Ньютона имѣетъ законное мѣсто.

Нѣсколько лѣтъ спустя, письмо доктора Хука побудило его къ изысканіямъ свойствъ кривой, описываемой верженными тѣлами вокругъ центра земли. Пикаръ тогда только что окончилъ измѣреніе во Франціи одного градуса меридіана, и Ньютонъ, помощію этого измѣренія, дозналъ что луна удерживается въ своей орбитѣ одною только тяжестію, предположивъ послѣднюю обратно пропорціональною квадрату разстояній. По этому закону онъ нашелъ, что линія, описываемая тѣлами при ихъ паденіи, есть эллипсъ въ одномъ изъ фокусовъ котораго находится солнце. Онъ имѣлъ удовольствіе видѣть, что рѣшеніе предпринятое имъ изъ любопытства, прилагается къ величайшимъ предметамъ природы. Ньютонъ изложилъ различныя предложенія относительно эллиптическаго движенія планетъ; и вслѣдствіе совѣтовъ Галлея, настаивавшаго на изданіи тѣхъ предложеній, онъ написалъ свое знаменитое твореніе «Philosophiae naturalis principia mathematica», явившееся въ свѣтъ въ концѣ 1687 года (*). Эти подробности, заимствованныя нами у Пембертона, современника и друга Ньютона, подтвердившаго ихъ своимъ свидѣтельствомъ, доказываютъ, что этотъ великій геометръ нашелъ, еще въ 1666 году, главнѣйшія теоремы относительно центробѣжной силы, обнародованныя

(*) Начала соціальной системы были положены только въ послѣдовавшемъ году, и Ньютонъ способствовалъ ихъ установленію.

Гюйгенсомъ шесть лѣтъ спустя, въ концѣ его сочиненія «De horologio oscillatorio». Въ самомъ дѣлѣ, весьма вѣроятно, что авторъ *методы приращеній* (méthode des fluxions), уже владѣвшій въ вышесказанную эпоху этою методою, легко открылъ упомянутыя теоремы.

Ньютонъ дошелъ до закона тяжести, помощію отношенія между квадратами временъ обращеній планетъ, и кубами осей ихъ орбитъ, предположенныхъ круговыми. Онъ доказалъ, что это отношеніе имѣетъ вообще мѣсто въ эллиптическихъ орбитахъ и указываетъ на одинаковое тяготѣніе планетъ къ солнцу, если предположить ихъ на одинаковомъ разстояніи отъ его центра. Таже самая одинаковость тяготѣнія существуетъ во всѣхъ системахъ спутниковъ относительно къ ихъ главной планетѣ. Ньютонъ повѣрилъ ее на земныхъ тѣлахъ, помощію весьма точныхъ и неоднократно повторенныхъ опытовъ, изъ которыхъ слѣдуетъ, что развитіе газовъ, электричества, теплоты и сродства, въ смѣси различныхъ веществъ заключенныхъ въ закрытомъ сосудѣ, не измѣняетъ вѣса системы, ни во время смѣшенія, ни послѣ него.

Обобщая потомъ свои изслѣдованія, великій британскій геометръ показалъ, что брошенное тѣло можетъ двигаться по произвольному коническому сѣченію, вслѣдствіе силы, направленной къ его фокусу и обратно пропорціональной квадрату разстояній. Онъ развилъ различныя свойства движенія по этого рода кривымъ, и опредѣлилъ условія необходимыя для того, чтобы кривая была кругомъ, эллипсомъ, параболою и гиперболою, условія, зависящія только отъ скорости и первоначальнаго положенія тѣла. Каковы бы ни были — эта скорость, это положеніе и первоначальное направленіе движенія, Ньютонъ назначилъ коническое сѣченіе, которое тѣло можетъ описывать и по которому, слѣдовательно, оно должно двигаться; что и

служитъ отвѣтомъ на упрекъ, сдѣланный ему Бернулліемъ въ недоказательствѣ, что коническія сѣченія суть единственныя кривыя, которыя можетъ описывать тѣло, побуждаемое силою обратно пропорціональною квадрату разстояній.

Эти изысканія, приложенныя къ движенію кометъ, показали ему, что эти свѣтила движутся вокругъ солнца, по одинаковымъ законамъ съ планетами, но только съ тою разницею, что эллипсы ихъ очень растянуты. Онъ же далъ способы опредѣлять наблюденіями элементы этихъ эллипсовъ.

Сравненіе величины орбитъ спутниковъ и времени ихъ обращеній съ тѣми же количествами у планетъ, показали ему массы и взаимныя плотности планетъ сопровождаемыхъ спутниками, а также напряженіе тяжести на ихъ поверхностяхъ.

Соображая, что спутники движутся вокругъ ихъ планетъ, весьма приблизительно какъ будто бы тѣ планеты были неподвижны, онъ дознадъ, что всѣ эти тѣла повинуются одному и тому же тяготѣнію къ солнцу. Онъ заключилъ изъ равенствъ дѣйствія противудѣйствію, что солнце тяготѣетъ къ планетамъ, а сіи послѣднія къ ихъ спутникамъ; и что даже земля притягивается всѣми тѣлами къ ней тяготѣющими. Онъ, впослѣдствіи, распространилъ это свойство на всѣ части матеріи и установилъ слѣдующій законъ:

Каждая частичка матеріи притягиваетъ къ себѣ всѣ прочія, прямо пропорціонально своей массѣ и обратно квадрату ея разстоянія отъ притягиваемой частички.

Это начало не есть простая ипотеза, удовлетворяющая явленіямъ, которыя могутъ быть объяснены и другимъ образомъ, точно также какъ можно удовлетворить различнымъ образомъ уравненіямъ неопредѣленной задачи. Здѣсь

же задача опредѣлена законами замѣченными въ небесныхъ движеніяхъ, которыхъ это начало есть необходимымъ результатомъ. Тяготѣніе планетъ къ солнцу доказано закономъ площадей пропорціональныхъ временамъ; его уменьшеніе въ обратномъ отношеніи квадрата разстояній доказано эллиптичностью планетныхъ орбитъ; и законъ квадратовъ временъ обращеній пропорціональныхъ кубамъ большихъ осей, съ очевидностію показываетъ, что солнечное тяготѣніе будетъ одинаково дѣйствовать на всѣ планеты, предположенныя на равномъ отъ солнца разстояніи, и которыхъ вѣсъ будетъ, слѣдовательно, пропорціоналенъ массамъ. Изъ равенства дѣйствія противудѣйствію слѣдуетъ, что солнце, въ свою очередь, тяготѣетъ къ планетамъ пропорціонально ихъ массамъ, раздѣленнымъ на квадратъ ихъ разстоянія отъ дневнаго свѣтила. Движенія спутниковъ доказываютъ, что они одновременно тяготѣютъ къ солнцу и къ ихъ планетамъ, которыя взаимно тяготѣютъ къ нимъ: такъ что, между всѣми тѣлами солнечной системы, существуетъ взаимное притяженіе, прямо пропорціональное массамъ и обратно квадратамъ разстояній. Наконецъ, ихъ фигуры и явленія тяжести на земной поверхности показываютъ намъ, что это притяженіе принадлежитъ не только тѣламъ въ цѣлой ихъ массѣ, но что оно есть свойство каждой изъ ихъ частичекъ.

Дойдя до этого начала, Ньютонъ увидѣлъ, что изъ него истекаютъ великія явленія системы міра. Разсматривая тяжесть на поверхности небесныхъ тѣлъ какъ слагающую притяженій всѣхъ частичекъ, онъ открылъ замѣчательное и характерное свойство закона притяженія обратно пропорціональнаго квадрату разстояній, именно, что два шара образованные изъ концентрическихъ слоевъ, имѣющихъ плотности измѣняющіяся по какимъ либо законамъ, притягиваются взаимно такъ какъ будто бы ихъ

массы были соединены въ ихъ центрахъ. Поэтому, тѣла солнечной системы дѣйствуютъ весьма приблизительно какъ центры притяженія, какъ другъ на друга, такъ и на тѣла, находящіяся на ихъ поверхностяхъ: результатъ, способствующій правильности ихъ движеній и указавшій Ньютону на земную тяжесть въ силѣ удерживающей луну въ ея орбитѣ.

Онъ же доказалъ, что вращательное движеніе земли должно было приплюснуть ее у полюсовъ, и опредѣлилъ законы измѣненія градусовъ меридіановъ и тяжести на земной поверхности. Онъ видѣлъ, что притяженія солнца и луны рождаютъ и поддерживаютъ въ океанѣ колебанія извѣстныя подъ названіями *приливовъ* и *отливовъ*. Онъ дознаяъ, что нѣкоторыя неравенства луны и попятное движеніе ея узловъ происходятъ отъ дѣйствія солнца.

Разсматривая, наконецъ, выпуклость земнаго сфероида при экваторѣ, какъ систему спутниковъ, прикрѣпленныхъ къ его поверхности, онъ нашелъ, что соединенныя дѣйствія солнца и луны стремятся заставить отступать узлы круговъ, описываемыхъ ими около оси земли, и что всѣ эти стремленія, сообщаясь цѣлой массѣ нашей планеты, должны производить въ пересѣченіи ея экватора съ эклиптикою то медленное отступаніе вспять, которое назвали *предвареніемъ равноденствій*. Такимъ образомъ, причина этого великаго явленія, завися отъ приплюснутости земли и отъ попятнаго движенія сообщаемаго солнцемъ узламъ спутниковъ (два обстоятельства впервые указанныя Ньютономъ), не могли быть подозрѣваемы ранѣе великаго британскаго геометра. Самъ Кеплеръ, котораго дѣятельное воображеніе стремилось все объяснять ипотезами, принужденъ былъ сознаться, что всѣ его усилія, въ отношеніи къ вышесказанному предмету, остались тщетными.

Но, за исключеніемъ того, что относится до эллипти-

ческаго движенія планетъ и кометъ, притяженія шарообразныхъ тѣлъ и отношеній массъ планетъ сопровождаемыхъ спутниками къ массѣ солнца, всѣ исчисленныя открытія были только, такъ сказать, очеркнуты Ньютономъ. Его теорія фигуры планетъ ограничена предположеніемъ ихъ однородности. Его рѣшеніе задачи предваренія равноденствій, не смотря на остроуміе и на видимое согласіе результата съ наблюденіями, грѣшитъ во многихъ отношеніяхъ. Изъ большаго числа возмущеній небесныхъ движеній, онъ принялъ въ разсмотрѣніе только пертурбаціи луннаго движенія, изъ которыхъ наибольшая, именно эвекція, ускользнула отъ его изслѣдованій. Хотя онъ и установилъ существованіе начала имъ открытаго, но развитіе его послѣдствій и преимуществъ, было твореніемъ послѣдователей великаго геометра. Несовершенство исчисленія безконечныхъ, при самомъ его началѣ, не позволило ему вполнѣ рѣшить трудныя задачи, представляемыя теоріею системы міра, и онъ часто былъ принужденъ представлять только одни взгляды, всегда неположительные, до тѣхъ поръ, пока они не подтверждены строгимъ анализомъ. Не смотря на эти неизбѣжные недостатки, важность и всеобщность ньютоновыхъ открытій въ системѣ міра и въ любопытнѣйшихъ отрасляхъ математической физики, большое число самостоятельныхъ и глубокихъ взглядовъ послужившихъ зачатками для блистательнѣйшихъ теорій геометровъ минувшаго столѣтія, все это, представленное особенно щегольскимъ образомъ, обезпечиваетъ за ньютоновыми «Математическими началами» превосходство надъ другими произведеніями ума человѣческаго.

Въ наукахъ мы видимъ совсѣмъ другое, чѣмъ въ литературѣ. Послѣдняя имѣетъ предѣлы, до которыхъ геніальный человѣкъ можетъ достигнуть употребленіемъ усовершенствованнаго языка. Его читаютъ съ одинаковымъ интересомъ во всѣ времена, и его слава не только не уменьшается съ теченіемъ времени, но еще увеличивается тщетными попытками тѣхъ, которые стараются сравняться съ нимъ. Напротивъ того, науки, безпредѣльныя какъ и сама природа, возрастаютъ до безконечности усиліями послѣдовательныхъ поколѣній: самый совершенный трудъ, поднимая ихъ на высоту, съ которой они уже не могутъ спуститься, рождаетъ новыя открытія и приготовляетъ новые труды, предъ которыми поблѣднѣетъ предшествующій. Другіе представятъ съ болѣе общей и простѣйшей точки зрѣнія теоріи, изложенныя въ книгѣ «Началъ» и всѣ истины ими раскрытыя; но книга эта останется навсегда памятникомъ глубины генія, открывшаго намъ величайшій изъ законовъ вселенной.

Математическія начала и не менѣе оригинальное сочиненіе Ньютона объ оптикѣ, соединяютъ, съ заключающимися въ нихъ наблюденіями, достоинства наилучшихъ образцами, которые только можно избрать въ наукахъ и въ тонкомъ искусствѣ производить опыты и подвергать ихъ вычисленію. Мы видимъ въ нихъ счастливѣйшія приложенія методы, состоящей въ восхожденіи рядомъ наведеній, отъ явленій къ причинамъ, и въ нисхожденіи потомъ отъ тѣхъ причинъ ко всѣмъ подробностямъ явленій.

Общіе законы напечатлѣны во всѣхъ частныхъ случаяхъ; но они перемѣшаны въ нихъ со столькими побочными обстоятельствами, что часто необходимо величайшее искусство для ихъ открытія. Должно избирать или возбуждать явленія самыя выгодныя для этой цѣли, умножать ихъ, видоизмѣняя ихъ обстоятельства, и наблюдать то, что они имѣютъ между собою общаго. Такимъ путемъ, восходятъ послѣдовательно до отношеній все болѣе и болѣе обширныхъ и достигаютъ наконецъ до общихъ за-

коновъ, которые повѣряются, если возможно, прямыми доказательствами или опытами, или изслѣдованіемъ—удовлетворяютъ ли они всѣмъ извѣстнымъ явленіямъ?

Такова надежнѣйшая метода могущая руководить насъ въ изысканіи истины. Ни одинъ философъ не былъ вѣрнѣе Ньютона этой методѣ; ни одинъ не обладалъ, въ высшей степени, счастливымъ тактомъ различать въ предметахъ общія начала въ нихъ заключающіяся, тактомъ составляющимъ истинный геній науки. Этотъ тактъ указалъ Ньютону, въ паденіи тѣлъ, начало всемірнаго тяготѣнія. Англійскіе ученые, современные великому геометру, приняли, по его примѣру, методу наведеній, сдѣлавшуюся тогда основаніемъ множества отличныхъ сочиненій по физикѣ и анализу. Древніе философы, шествуя противуположнымъ путемъ и ставя себя у источника всего, придумывали общія причины, способныя все объяснить. Ихъ метода, породившая только безплодныя системы, не болѣе имѣла успѣха и въ рукахъ Декарта. Столь же малоуспѣшно прибѣгали къ ней и современники Ньютона—Лейбницъ, Мальбраншъ и другіе философы. Наконецъ, безполезность ипотезъ ею порожденныхъ и успѣхи, которыми обязана наука методѣ наведенія, заставили дѣльныхъ людей обратиться къ сей послѣдней, которую канцлеръ Бэконъ (*) установилъ всею силою разума и краснорѣчія, и которую еще сильнѣе зарекомендовалъ Ньютонъ своими открытіями.

Въ эпоху появленія этихъ открытій, Декартъ только что замѣнилъ таинственныя свойства перипатетиковъ ясными и понятными идеями движенія, толчка и центробѣжной силы. Его остроумная система вихрей, основанная на этихъ идеяхъ, была жадно принята учеными, которымъ надоѣли темныя и незначительныя ученія схоластики. Они

(*) Bacon.

полагали, что во всемірномъ тяготѣніи возродятся опять таинственныя свойства столь справедливо изгнанныя французскимъ философомъ. Только, послѣ убѣжденія въ неопредѣлительности картезіанскихъ объясненій, согласились смотрѣть на тяготѣніе глазами Ньютона, то есть, какъ на общій фактъ, до котораго онъ вознесся рядомъ наведеній и отъ котораго онъ низшелъ для объясненія небесныхъ явленій.

Конечно, этотъ великій человѣкъ заслужилъ бы упрекъ возстановленія скрытыхъ свойствъ, если бы онъ ограничился приписаніемъ всемірному тяготѣнію эллиптическаго движенія планетъ и кометъ, неравенства движенія луны, земныхъ градусовъ и тяжести, предваренія равноденствій и прилива и отлива морей, не показавъ связи своего начала со всѣми этими явленіями. Но геометры, повѣряя и обобщая ньютоновы доказательства, нашли самое совершенное согласіе между наблюденіями и результатами анализа и потому единогласно приняли его теорію системы міра, сдѣлавшуюся, благодаря ихъ усиліямъ, основаніемъ всей астрономіи. Эта аналитическая связь частныхъ фактовъ съ фактомъ общимъ, есть то самое, что составляетъ теорію.

Такимъ-то образомъ, только выведя строгимъ вычисленіемъ всѣ дѣйствія волосности изъ одного начала взаимнаго притяженія между частичками матеріи, притяженія, дѣлающагося чувствительнымъ только на незамѣтныхъ разстояніяхъ, мы можемъ надѣяться, что получили истинную теорію этого явленія. Нѣкоторые ученые, пораженные преимуществами происшедшими отъ допущенія началъ, которыхъ причины неизвѣстны, ввели вновь въ нѣкоторыя отрасли естествознанія таинственныя свойства древнихъ и ихъ ничего не выражающія объясненія. Глядя на ньютоновскую философію съ той же точки зрѣнія, съ ко-

торой глядѣли на нее картезіанцы, ее отвергавшіе, они уподобили ей свои ученія, которыя неимѣютъ съ нею ничего общаго въ существеннѣйшемъ предметѣ, именно въ строгомъ согласіи ея результатовъ съ явленіями.

Ньютонъ изложилъ свою теорію системы міра помощію синтезиса. Впрочемъ, кажется что онъ нашелъ большую часть своихъ теоремъ анализомъ, котораго предѣлы были имъ вычислены, и которому онъ, по собственному своему признанію, обязанъ общими своими результатами относительно квадратуръ. Но его расположеніе къ синтезису и глубокое уваженіе къ древней геометріи заставили его переложить въ синтетическую форму свои теоремы и даже свою методу приращеній (méthode des fluxions); а изъ правилъ и примѣровъ данныхъ имъ для такихъ переложеній видно до какой степени онъ считалъ ихъ важными. Должно сожалѣть, вмѣстѣ съ геометрами того времени, что онъ, въ изложеніи своихъ открытій, не слѣдовалъ пути, по которому онъ дошелъ до нихъ, и что онъ опустилъ доказательство многихъ результатовъ, предпочитая, по видимому, удовольствіе давать себя разгадывать, наслажденію проливать свѣтъ на своихъ читателей.

Познаніе методы, руководившей геніальнаго человѣка, не менѣе полезно для успѣховъ наукъ и даже для собственной его славы, какъ и самыя его открытія. Такая метода составляетъ часто самую любопытную ихъ часть; и если бы Ньютонъ вмѣсто простаго выраженія дифференціальнаго уравненія твердаго тѣла наименьшаго сопротивленія, съ тѣмъ вмѣстѣ представилъ бы и весь свой анализъ, то онъ имѣлъ бы честь дать первый примѣръ методы варіацій, одной изъ плодотворнѣйшихъ отраслей новѣйшаго анализа.

Пристрастіе Ньютона къ синтезису и примѣръ этого великаго геометра послужили, можетъ быть, препятствіемъ

для его соотечественниковъ для содѣйствовія, въ полной мѣрѣ ихъ силъ, усовершенствованіямъ которые астрономія пріобрѣла приложеніемъ анализа къ началу всемірнаго тяготѣнія. Упомянутое пристрастіе объясняется изяществомъ, которымъ онъ умѣлъ соединить свою теорію криволинейныхъ движеній съ изысканіями древнихъ надъ коническими сѣченіями и съ прекрасными открытіями Гюйгенса, только что изданными по этой методѣ. Впрочемъ, геометрическій синтезисъ имѣетъ свойство никогда не терять изъ виду своего предмета и дознать весь путь, ведущій отъ первыхъ аксіомъ до ихъ крайнихъ послѣдствій; тогда какъ алгебраическій анализъ скоро заставляетъ насъ забыть о главномъ предметѣ, занимая насъ отвлеченными соображеніями и приводитъ насъ къ упомянутому главному предмету только уже въ самомъ концѣ. Но отдѣляясь, такимъ образомъ, отъ предметовъ, получивъ отъ нихъ то, что необходимо для достиженія искомаго результата; предаваясь потомъ операціямъ анализа и приберегая всѣ свои силы для побѣжденія представляющихся трудностей; общность этой методы и неоцѣненное ея качество превращать сужденія въ механическіе пріемы, приводитъ насъ къ результатамъ часто недоступнымъ для синтезиса. Такова плодотворность анализа, что достаточно перевести на этотъ всемірный языкъ частныя истины, чтобы увидѣть выливающееся изъ ихъ выраженій множество новыхъ и неожиданныхъ истинъ. Ни одинъ языкъ не способенъ въ такой степени къ изяществу, рождающемуся изъ длиннаго ряда выраженій связывающихся одно съ другимъ въ видѣ цѣпи и изливающихся безъ изъятія изъ одной основной идеи. Къ этимъ преимуществамъ, анализъ присовокупляетъ еще способность приводить всегда къ простѣйшимъ методамъ: для этого нужно только прилагать его приличнымъ образомъ, счастливымъ выборомъ

неизвѣстныхъ, и придавая результатамъ форму наиболѣе удобную для геометрическаго построенія или для приведенія въ числа. Много такихъ примѣровъ видимъ мы у самого Ньютона въ его *Всеобщей ариѳметикѣ.* И дѣйствительно, новѣйшіе геометры, убѣжденные въ вышеприведенныхъ выгодахъ анализа, спеціально занимались распространеніемъ его области и расширеніемъ его предѣловъ (*).

Однакожь и геометрическія соображенія не должны быть пренебрегаемы, потому что они чрезвычайно полезны въ искусствахъ. Впрочемъ, весьма любопытно представлять себѣ въ пространствѣ различные результаты анализа, и обратно, читать всѣ видоизмѣненія линій и поверхностей и измѣненія движенія тѣлъ, въ уравненіяхъ ихъ выражающихъ. Это сближеніе геометріи съ алгеброю проливаетъ новый свѣтъ на обѣ эти науки: умственныя дѣйствія послѣдней, дѣлаясь чувствительными помощію изображеній первой, схватываются гораздо легче и слѣдовать за ними гораздо любопытнѣе. А когда наблюденіе осуществляетъ эти изображенія и превращаетъ геометрическіе результаты въ законы природы; когда эти законы, обнимая вселенную, разоблачаютъ предъ нашими глазами ея прошедшія и будущія состоянія; то видъ этого возвышеннаго зрѣлища доставляетъ намъ благороднѣйшее изъ наслажденій доступныхъ человѣческой природѣ.

Около пятидесяти лѣтъ прошло послѣ открытія тяготѣ-

(*) Первыя приложенія анализа къ движенію луны представили примѣръ вышеупомянутаго превосходства. Они дали съ легкостію не только неравенство варіаціи, которое съ трудомъ получилъ Ньютонъ синтетическимъ пріемомъ; но еще эвекцію, которой онъ не связалъ съ закономъ тяготѣнія. Въ самомъ дѣлѣ, было бы невозможно дойти синтезисомъ до многочисленныхъ лунныхъ неравенствъ, которыхъ величины, опредѣленныя анализомъ, представляютъ наблюденія столь же точно, какъ и наши лучшія таблицы, составленныя совокупленіемъ огромнаго числа наблюденій съ теоріею.

нія, не прибавивъ къ нему ничего замѣчательнаго. Этотъ промежутокъ времени былъ необходимъ великой истинѣ для того, чтобы сдѣлаться общепонятною и побѣдить препятствія, которыя ставило ей утвердившееся на материкѣ мнѣніе, что, подобно Декарту, тяготѣніе должно объяснять механически. Различныя системы придуманныя для этого предмета и авторитетъ многихъ великихъ геометровъ, возстававшихъ противъ Ньютоновыхъ результатовъ, можетъ быть изъ самолюбія, послужили однакожъ къ ускоренію ихъ торжества, разработкою анализа безконечныхъ. Между современниками Ньютона, Гюйгенсъ, лучше всякаго другаго бывшій въ состояніи оцѣнить достоинство его открытія, призналъ взаимное тяготѣніе великихъ міровыхъ тѣлъ обратно пропорціональное квадрату разстояній и всѣ результаты выведенные отсюда Ньютономъ относительно эллиптическаго движенія планетъ, спутниковъ и кометъ и касательно тяжести на поверхности планетъ, сопровождаемыхъ спутниками. Въ этомъ отношеніи, онъ отдалъ Ньютону всю должную ему справедливость. Но ложныя идеи о причинѣ тяжести заставили его отвергнуть притяженіе частички къ частичкѣ, а также теоріи фигуры планетъ и измѣненій тяжести на ихъ поверхности отъ того зависящей. Должно впрочемъ замѣтить, что для современниковъ Ньютона и даже для него самаго, законъ всемірнаго тяготѣнія не имѣлъ всей той несомнѣнности, которую придали ему послѣдующія наблюденія и успѣхи математическихъ наукъ. Эйлеръ и Клеро, впервые, вмѣстѣ съ Даламберомъ, приложившіе анализъ къ возмущеніямъ небесныхъ движеній, не считали вышеупомянутаго закона достаточно несомнѣннымъ, чтобы приписать неточности приближеній или вычисленія, разности найденныя ими между наблюденіемъ и ихъ результатами, касательно движеній Сатурна и луннаго перигея.

Но эти три великіе геометра и ихъ послѣдователи, повѣривъ эти результаты, усовершенствовавъ методы и доведя приближенія до нужной степени, пришли наконецъ къ объясненію однимъ закономъ тяжести всѣхъ явленій системы міра и къ приданію астрономическимъ теоріямъ и таблицамъ неожиданной точности. Еще не прошло трехъ вѣковъ съ тѣхъ поръ какъ Коперникъ ввелъ въ эти таблицы движенія земли и другихъ планетъ около солнца. Около столѣтія спустя, Кеплеръ включилъ въ нихъ законы эллиптическаго движенія, зависящія отъ одного солнечнаго притяженія. Теперь, онѣ заключаютъ въ себѣ многочисленныя неравенства рождающіяся отъ взаимнаго притяженія тѣлъ планетной системы. Изъ нихъ изгнанъ всякій эмпиризмъ и онѣ заимствуютъ изъ наблюденій только необходимыя данныя.

Преимущественно въ подобныхъ приложеніяхъ анализа обнаруживается все могущество этого чуднаго орудія, безъ котораго невозможно бы было проникнуть механизмъ столь же сложный въ своихъ дѣйствіяхъ, сколько простой въ своей причинѣ. Геометръ обнимаетъ теперь своими формулами всю совокупность солнечной системы и ея послѣдовательныхъ измѣненій. Онъ восходитъ къ различнымъ состояніямъ этой системы въ отдаленнѣйшія времена и проникаетъ въ тѣ, которыя разоблачатся предъ глазами наблюдателей грядущихъ вѣковъ. Онъ видитъ, какъ эти великія перемѣны, для полнаго развитія которыхъ нужны милліоны лѣтъ, возобновляются въ нѣсколько вѣковъ въ системѣ спутниковъ Юпитера, благодаря быстротѣ ихъ обращенія и производятъ тамъ странныя явленія, предвидимыя астрономами, но слишкомъ сложныя или слишкомъ медленныя для того, чтобы возможно было опредѣлить ихъ законы. Теорія тяготѣнія, сдѣлавшись, столькими приложеніями, средствомъ открытій столь же несомнѣнныхъ какъ и самое наблюденіе, показала эти законы и много другихъ, изъ которыхъ самыя замѣчательныя суть — большое неравенство Юпитера и Сатурна, вѣковыя уравненія движенія луны относительно солнца, ея узловъ и ея перигея, и прекрасныя отношенія существующія между движеніями трехъ первыхъ спутниковъ Юпитера.

Этимъ орудіемъ геометръ успѣлъ извлечь изъ наблюденій, какъ изъ богатаго рудника, самые важные элементы астрономіи, которыя бы, безъ анализа, остались тамъ на вѣки сокрытыми. Онъ опредѣлилъ относительныя величины массъ солнца, планетъ и спутниковъ, обращеніемъ различныхъ тѣлъ и развитіемъ ихъ періодическихъ и вѣковыхъ неравенствъ. Скорость свѣта и эллиптичность Юпитера выведены изъ затмѣній его спутниковъ съ большею точностію, чѣмъ чрезъ прямое наблюденіе. Вращеніе Урана на оси, Сатурна и его кольца и сплюснутость этихъ двухъ планетъ выведены изъ взаимнаго положенія орбитъ ихъ спутниковъ. Параллаксы солнца и луны и самая эллиптичность земнаго сфероида обнаружились въ лунныхъ неравенствахъ, ибо мы видѣли, что луна своимъ движеніемъ указываетъ усовершенствованной астрономіи сплюснутость земли, которой круглоту она показала древнимъ астрономамъ своими затмѣніями. Наконецъ, счастливымъ сочетаніемъ анализа съ наблюденіями, луна, которая казалось была дана землѣ для освѣщенія ея ночей, сдѣлалась вѣрнѣйшимъ путеводителемъ мореплавателя, котораго она охраняетъ отъ опасностей, зависящихъ отъ ошибокъ морскаго счисленія. Совершенство лунной теоріи, которому мореходецъ обязанъ этимъ драгоцѣннымъ результатомъ и средствомъ съ точностію опредѣлять положенія мѣстъ, гдѣ онъ пристаетъ къ берегу, есть плодъ трудовъ геометровъ послѣдняго полувѣка. Въ теченіе этого короткаго промежутка времени, благодаря употребленію лун-

ныхъ таблицъ и морскихъ часовъ, географія сдѣлала болѣе успѣховъ, чѣмъ во всѣ предшествующіе вѣка. Эти возвышенныя теоріи соединяютъ въ себѣ все, что можетъ придать цѣну открытіямъ: величіе и пользу предмета, плодотворность результатовъ и достоинство побѣжденныхъ трудностей.

Чтобы достигнуть такихъ результатовъ, нужно было одновременно усовершенствовать механику, оптику, наблюденія и анализъ, которыя преимущественно обязаны своимъ быстрымъ развитіемъ потребностямъ небесной физики. Ее можно довести еще до большей простоты и точности; но потомство, вѣроятно, съ благодарностію увидитъ, что новѣйшіе геометры не передали ему ни одного астрономическаго явленія, не опредѣливъ его законовъ и причины. Если Англіи принадлежитъ честь первоначальнаго открытія всемірнаго тяготѣнія, то Франціи должно отдать справедливость въ томъ, что многочисленныя развитія этого открытія и переворотъ произведенный ими въ астрономіи, совершены французскими геометрами, или благодаря преміямъ парижской академіи наукъ (*).

Притяженіе управляющее движеніемъ и фигурою небесныхъ тѣлъ, не одно существуетъ между ихъ частичками. Онѣ повинуются еще притягательнымъ силамъ отъ которыхъ зависитъ внутреннее строеніе тѣлъ и которые чувствительны только на разстояніяхъ незамѣтныхъ для нашихъ чувствъ. Ньютонъ первый представилъ примѣръ вычисленія такого рода силъ, доказавъ что, при переходѣ свѣта изъ одной прозрачной средины въ другую, притяженіе срединъ преломляетъ его такъ, что синусы преломленія и паденія находятся всегда въ постоянномъ отношеніи, что уже прежде показало наблюденіе. Упомянутый великій физикъ, въ своемъ трактатѣ объ оптикѣ, выводилъ изъ подобныхъ же силъ — сцѣпленіе, сродство, извѣстныя тогда химическія явленія, а также и явленія волосности. Онъ положилъ такимъ образомъ истинныя начала химіи, которыхъ общее признаніе совершилось еще позже чѣмъ признаніе начала тяготѣнія. Впрочемъ, онъ далъ только несовершенное объясненіе волосныхъ явленій; полная ихъ теорія была дѣломъ ньютоновыхъ послѣдователей.

Начало всемірнаго тяготѣнія есть ли первоначальный законъ природы, или только общее дѣйствіе неизвѣстной причины? Нельзя ли подвести сродство подъ это начало? Ньютонъ былъ осторожнѣе многихъ изъ своихъ учениковъ и не взялся рѣшить эти вопросы, на которые незнаніе наше относительно внутреннихъ существенныхъ свойствъ матеріи, не позволяетъ отвѣчать удовлетворительнымъ образомъ. Вмѣсто того, чтобы строить по этому поводу ипотезы, ограничимся представленіемъ нѣкоторыхъ размышленій объ этомъ началѣ и о способѣ, по которому пользовались имъ геометры.

Изъ равенства дѣйствія противудѣйствію, Ньютонъ заключилъ, что каждая частичка небеснаго тѣла должна притягивать его къ себѣ точно также какъ и сама имъ притягивается; и что, такимъ образомъ, тяжесть есть равно-

(*) Исторія астрономіи должна съ благодарностію упомянуть имя Рулье де Меле (*), одного изъ своихъ полезнѣйшихъ благотворителей. Въ 1714 году, этотъ совѣтникъ парижскаго парламента завѣщалъ парижской академіи наукъ значительную сумму, для основанія двухъ ежегодныхъ премій за усовершенствованіе астрономическихъ теорій и способовъ полученія долготъ на морѣ. Эти преміи были послѣдовательно присуждаемы величайшимъ чужеземнымъ геометрамъ, и глубокія изысканія заключающіяся въ ихъ запискахъ, увѣнчанныхъ академіею, вполнѣ удовлетворили видамъ основателя премій. Незамѣчательный способъ для полученія долготъ на морѣ, предложенный съ оговоркою самимъ Рулье де Меле въ своемъ завѣщаніи, послужилъ для наслѣдниковъ его поводомъ къ оспариванію завѣщанія. Академія наукъ вступилась за свои права, и къ счастію для астрономіи и географіи, процессъ былъ рѣшенъ въ ея пользу.

(*) Rouillé de Méslay.

дѣйствующая или слагающая притяженій всѣхъ частичекъ притягивающаго тѣла. Начало дѣйствія равнаго противудѣйствію представляетъ нѣкоторыя затрудненія, когда способъ дѣйствія силъ неизвѣстенъ. Поэтому, Гюйгенсъ, основавшій на этомъ началѣ свои изысканія надъ ударомъ упругихъ тѣлъ, нашелъ его недостаточнымъ для установленія притяженія отъ частички къ частичкѣ. Оказалось нужнымъ подтвердить это притяженіе наблюденіями, чтобы не оставить никакого сомнѣнія въ этомъ важномъ пунктѣ ньютоніанской теоріи.

Небесныя явленія могутъ быть раздѣлены на три класса.

Первый заключаетъ въ себѣ всѣ явленія зависящія только отъ стремленія центровъ небесныхъ тѣлъ другъ къ другу: таковы эллиптическія движенія планетъ и спутниковъ и ихъ взаимныя возмущенія независящія отъ ихъ фигуръ.

Я включаю во второй классъ явленія, зависящія отъ стремленія частичекъ тѣлъ притягиваемыхъ къ центрамъ притягивающихъ тѣлъ; таковы: приливъ и отливъ моря, предвареніе равноденствій и либрація луны.

Наконецъ, въ третьемъ помѣщаются явленія зависящія отъ дѣйствія частичекъ притягивающихъ тѣлъ на центры тѣлъ притягиваемыхъ, и на собственныя ихъ частички. Оба лунныя неравенства, происходящія отъ сплюснутости земли, движенія орбитъ спутниковъ Юпитера и Сатурна, фигура земли и измѣненіе тяжести на ея поверхности, представляютъ явленія относящіяся къ третьему классу.

Геометры, которые, для объясненія тяготѣнія, окружали каждое небесное тѣло вихремъ, могли допустить ньютоновы теоріи относительно явленій первыхъ двухъ классовъ; но, подобно Гюйгенсу, они должны были отвергнуть теоріи явленій третьяго класса, основанныя на дѣйствіи частичекъ притягивающихъ тѣлъ. Совершенное согласіе этихъ теорій со всѣми наблюденіями, не можетъ оставить, въ наше время, никакого сомнѣнія относительно притяженія частички къ частичкѣ. Законъ притяженій обратно пропорціональныхъ квадрату разстоянія, есть законъ истеченій изъ центра и составляетъ кажется законъ всѣхъ силъ, которыхъ дѣйствіе замѣчается на чувствительныхъ разстояніяхъ, какъ то дознано въ силахъ электрическихъ и магнитныхъ. Такимъ образомъ, этотъ законъ въ точности соотвѣтствуя всѣмъ явленіямъ, долженъ быть разсматриваемъ за совершенно строгій, судя по его простотѣ и всеобщности. Одно изъ замѣчательныхъ его свойствъ заключается въ томъ, что если размѣры всѣхъ тѣлъ вселенной, ихъ взаимныя разстоянія и ихъ скорости увеличились бы или уменьшились бы пропорціонально; то они продолжали бы описывать кривыя совершенно подобныя прежнимъ; такъ что вселенная уменьшенная, такимъ образомъ послѣдовательно, до малѣйшаго воображаемаго пространства, представляла бы наблюдателю тѣже видимыя явленія. Сіи послѣднія, значитъ, независимы отъ размѣровъ вселенной, точно также, какъ вслѣдствіе закона пропорціональности силы къ скорости, они независимы отъ безусловнаго движенія въ пространствѣ. Слѣдовательно, простота законовъ природы позволяетъ намъ наблюдать и познавать одни только отношенія (*).

Законъ притяженія даетъ небеснымъ тѣламъ свойство

(*) Попытки геометровъ для доказательства предложенія (postulatum) Эвклида о параллеляхъ, были до сихъ поръ тщетными. Однакожь, никто не сомнѣвается въ этомъ *постулатумѣ* и въ теоремахъ выведенныхъ изъ него Эвклидомъ. Слѣдовательно, понятіе о пространствѣ заключаетъ въ себѣ особенное свойство, очевидное самимъ собою, и безъ котораго невозможно съ строгостію установить свойства параллелей. Идея ограниченнаго пространства, напримѣръ, круга, не заключаетъ въ себѣ ничего зависящаго отъ его безусловной величины. Но если мы уменьшаемъ мысленно его радіусъ, то мы непобѣдимо побуждаемся къ уменьшенію, въ томъ же отношеніи, его окружности и

притягиваться весьма приблизительно такъ, какъ если бы ихъ массы были соединены въ ихъ центрѣ тяжести. Онъ даетъ еще ихъ поверхностямъ и орбитамъ ими описываемымъ эллиптическую форму, простѣйшую послѣ шаровидной и круговой, которыя, по мнѣнію древнихъ, существенно необходимы свѣтиламъ для ихъ движеній.

Сообщается ли притяженіе отъ одного тѣла къ другому мгновенно? Время передачи, если бы оно было для насъ замѣтно, обнаружилось бы преимущественно вѣковымъ ускореніемъ въ движеніи луны. Я предлагалъ это средство объясненія ускоренія, замѣченнаго въ упомянутомъ движеніи, и нашелъ, что для удовлетворенія наблюденіямъ, должно приписать притягательной силѣ скорость въ семь милліоновъ разъ большую чѣмъ скорость свѣтоваго луча. А такъ какъ нынѣ причина вѣковаго уравненія луны хорошо извѣстна, то мы можемъ утверждать, что притяженіе передается съ скоростію, по крайней мѣрѣ, въ пятьдесятъ милліоновъ разъ превосходящею скорость свѣта. Поэтому, не опасаясь какой либо чувствительной погрѣшности, можемъ принимать передачу тяготѣнія за мгновенную.

Притяженіе можетъ еще рождать и безпрерывно поддерживать движеніе въ системѣ тѣлъ находившихся первоначально въ покоѣ; потому что неправильно было бы утверждать, съ нѣкоторыми философами, что оно, съ теченіемъ времени, должно соединить ихъ въ общемъ центрѣ тяжести. Единственные элементы, долженствующіе всегда оставаться равными нулю, суть: движеніе центра и сумма площадей описанныхъ вокругъ него, въ данное время, всѣми частицами системы, проложенными на произвольной плоскости.

боковъ всѣхъ вписанныхъ въ ней фигуръ. Эта пропорціональность кажется мнѣ *постулатумомъ* болѣе естественнымъ чѣмъ Эвклидовъ. Любопытно встрѣтить ее въ результатахъ всемірнаго тяготѣнія.

ГЛАВА ШЕСТАЯ.

СООБРАЖЕНІЯ ОТНОСИТЕЛЬНО СИСТЕМЫ МІРА И БУДУЩИХЪ УСПѢХОВЪ АСТРОНОМІИ.

Представленный нами очеркъ исторіи астрономіи заключаетъ въ себѣ три періода, весьма отличныхъ одинъ отъ другаго, и которые относясь къ явленіямъ, къ законамъ ими управляющимъ и къ силамъ отъ коихъ зависятъ тѣ законы, показываютъ намъ путь, которому слѣдовала эта наука въ своемъ ходѣ и которому, по ея примѣру, должны слѣдовать другія естественныя науки.

Первый періодъ объемлетъ всѣ наблюденія астрономовъ, предшествовавшихъ Копернику, надъ видимыми небесными движеніями, а также ипотезы ими придуманныя для объясненія тѣхъ видимыхъ явленій и подчиненія ихъ вычисленію.

Во второмъ періодѣ, Коперникъ выводитъ изъ тѣхъ видимостей, движенія земли вокругъ самой себя и около солнца, а Кеплеръ открываетъ законы планетныхъ движеній.

Наконецъ, въ третьемъ періодѣ, Ньютонъ, опираясь на эти законы, восходитъ до начала всемірнаго тяготѣнія; а геометры, приложивъ анализъ къ этому началу, выводятъ изъ него всѣ астрономическія явленія и множество неравенствъ движенія планетъ, спутниковъ и кометъ. Такимъ образомъ астрономія сдѣлалась рѣшеніемъ великой механической задачи, которой элементы небесныхъ движеній составляютъ произвольныя постоянныя. Она обладаетъ всею достовѣрностію проистекающею изъ безчисленнаго множества и разнообразія явленій, строго объясненныхъ, и изъ простоты начала удовлетворяющаго всѣмъ этимъ объясненіямъ. Не только не должно опасаться

что какое либо новое свѣтило опровергнетъ это начало, но можно сказать утвердительно заранѣе, что движеніе такого новаго свѣтила будетъ ему соотвѣтствовать. Мы это видѣли сами въ отношеніи Урана (*) и четырехъ вновь открытыхъ телескопическихъ планетъ; сверхъ того, каждое появленіе кометы представляетъ новое доказательство истины вышесказаннаго.

Таково, безъ всякаго сомнѣнія, устройство солнечной системы. Огромный шаръ солнца, главный источникъ различныхъ движеній этой системы, вертится въ $25\frac{1}{2}$ дней вокругъ самаго себя: поверхность его покрыта океаномъ свѣтящейся матеріи. Планеты, съ ихъ спутниками, движутся по круговымъ почти орбитамъ и въ плоскостяхъ мало наклоненныхъ къ солнечному экватору. Безчисленныя кометы, приблизившись къ солнцу, удаляются потомъ отъ него на разстоянія, доказывающія что власть нашего центральнаго свѣтила простирается гораздо далѣе извѣстныхъ предѣловъ планетной системы. Солнце не только дѣйствуетъ на всѣ эти шары своимъ притяженіемъ, заставляя ихъ двигаться вокругъ себя, но и изливаетъ на нихъ свой свѣтъ и теплоту. Его благотворное дѣйствіе развиваетъ животныхъ и растенія которыми покрыта земля; а аналогія заставляетъ насъ полагать, что подобнаго рода дѣйствіе совершается и на планетахъ; потому что естественно думать, что матерія которой плодотворное разнообразное развитіе мы наблюдаемъ на землѣ, не можетъ быть безплодною на огромной планетѣ, какова напримѣръ Юпитеръ, имѣющій, также какъ и земля, свои дни, ночи и годы, и на которомъ наблюденія указываютъ перемѣны, предполагающія существованіе весьма дѣятель-

(*) И на нашихъ глазахъ это совершилось въ отношеніи Нептуна и многочисленныхъ, въ новѣйшее время открытыхъ астероидовъ и кометъ. *Прим. перев.*

ныхъ силъ. Человѣкъ, созданный для температуры которою онъ пользуется на землѣ, не могъ бы, вѣроятно, жить на другихъ планетахъ; но позволено думать, что тамъ существуетъ безконечное множество организмовъ, принаровленныхъ къ различнымъ температурамъ міровъ наполняющихъ вселенную. Если одно различіе началъ и климатовъ причиняетъ такое разнообразіе между произведеніями земли, то какъ сильно должны различаться между собою произведенія различныхъ планетъ и ихъ спутниковъ? Самое дѣятельное воображеніе не можетъ составить себѣ объ этомъ идеи; но это крайнее разнообразіе, по крайней мѣрѣ, весьма вѣроятно.

Хотя элементы планетной системы произвольны, но они имѣютъ между собою отношенія, могущія уяснить намъ ихъ происхожденіе. При внимательномъ разсмотрѣніи, нельзя не удивиться, что всѣ планеты движутся вокругъ солнца отъ запада къ востоку и всѣ почти въ одной плоскости; спутники движутся вокругъ своихъ главныхъ планетъ, въ томъ же самомъ направленіи и почти въ той же самой плоскости, какъ и планеты; наконецъ, солнце, планеты и спутники (которыхъ вращеніе на оси было наблюдаемо) вращаются вокругъ себя по направленію и почти въ плоскости ихъ движенія обращенія (верженія — mouvement de projection). Въ этомъ отношеніи, спутники представляютъ замѣчательную особенность. Ихъ вращательное движеніе въ точности равно движенію ихъ обращенія, такъ что они постоянно обращаютъ къ своей планетѣ одно и тоже полушаріе. По крайней мѣрѣ, это было наблюдено въ отношеніи къ лунѣ, четыремъ спутникамъ Юпитера и послѣднему спутнику Сатурна, единственнымъ изъ всѣхъ спутниковъ которыхъ вращеніе было до нынѣ наблюдаемо.

Столь необыкновенныя явленія не происходятъ отъ не-

правильныхъ причинъ. Подвергая ихъ вѣроятность вычисленію, мы находимъ, что можно биться объ закладъ двѣсти тысячъ милліардовъ противъ одного, что они не суть произведенія случая; а это далеко превосходитъ вѣроятность большей части историческихъ событій, въ которыхъ никто не сомнѣвается. Поэтому мы, по крайней мѣрѣ, съ тою же увѣренностію, должны допустить, что всѣ планетныя движенія направлены какою-то первоначальною причиною.

Другое столь же замѣчательное явленіе солнечной системы есть малая эксцентричность орбитъ планетъ и спутниковъ, тогда какъ орбиты кометъ весьма растянуты: поэтому орбиты солнечной системы не представляютъ промежуточныхъ переходовъ отъ большихъ къ малымъ эксцентрицитетамъ. И здѣсь мы принуждены признать дѣйствіе правильной причины. Случай не придалъ бы орбитамъ всѣхъ планетъ почти кругообразную форму; слѣдовательно, необходимо чтобы причина, опредѣлившая движенія этихъ тѣлъ, сдѣлала эти движенія почти круговыми. Въ добавокъ, нужно еще, чтобы большая эксцентричность кометныхъ орбитъ и направленіе ихъ движеній во всѣ стороны, были необходимыми слѣдствіями той же причины; потому что, полагая орбиты попятныхъ кометъ какъ бы наклоненными къ эклиптикѣ болѣе чѣмъ на сто градусовъ, мы найдемъ, что среднее наклоненіе орбитъ всѣхъ наблюденныхъ кометъ очень приближается къ ста градусамъ, какъ то и должно быть, если тѣла эти были вержены случайнымъ образомъ.

Что же это за первоначальная причина? Относительно этого, я изложу въ примѣчаніи оканчивающемъ это сочиненіе, ипотезу, которая, по моему мнѣнію, съ большою вѣроятностію выводится изъ предшествующихъ явленій.

Но я представляю ее съ осторожностію, приличною всему что не представляетъ результата наблюденія или вычисленія.

Какова бы ни была истинная причина, достовѣрно, что элементы планетной системы распредѣлены такъ, чтобы она представляла наибольшую прочность, если только она не будетъ возмущена посторонними причинами. Уже однимъ тѣмъ, что движенія планетъ и спутниковъ почти кругообразны и совершаются по одному направленію и въ плоскостяхъ мало различныхъ, система эта только колеблется около средняго положенія, отъ котораго она уклоняется только на чрезвычайно малыя количества. Среднія движенія вращенія и обращенія этихъ различныхъ тѣлъ однообразны и ихъ среднія разстоянія отъ источниковъ главныхъ силъ ихъ одушевляющихъ, постоянны; всѣ же вѣковыя неравенства періодичны. Самыя замѣчательныя представляются въ движеніяхъ луны относительно ея перигея, ея узловъ и солнца: они достигаютъ нѣсколькихъ окружностей. Но, по прошествіи весьма большаго числа вѣковъ, они вознаграждаются. Въ этотъ долгій промежутокъ, всѣ части лунной поверхности представились бы послѣдовательно землѣ, еслибы не притяженіе земнаго сфероида, которое заставляя вращеніе луны участвовать въ этихъ великихъ неравенствахъ, безпрерывно обращаетъ къ намъ одно и тоже полушаріе этого спутника и дѣлаетъ другое его полушаріе навсегда невидимымъ. Точно также, взаимное притяженіе трехъ первыхъ спутниковъ Юпитера установило первоначально и поддерживаетъ отношеніе наблюдаемое между ихъ средними движеніями, и состоящее въ томъ, что средняя долгота перваго спутника, безъ утроенной втораго, сложенная съ удвоенною третьяго, постоянно равна двумъ прямымъ угламъ.

Вслѣдствіе небесныхъ притяженій, величина года, на каждой планетѣ, всегда весьма приблизительно одинакова.

Измѣненіе наклоненія орбиты къ экватору, заключающееся въ тѣсныхъ предѣлахъ, можетъ производить только легкія измѣненія въ температурѣ временъ года. Кажется, природа расположила все въ небѣ, для обезпеченія прочности планетной системы, по тѣмъ же самымъ началамъ, которымъ она такъ дивно слѣдовала на землѣ, для сохраненія особней и увѣковѣченія видовъ.

Притяженію большихъ тѣлъ помѣщенныхъ въ центрѣ планетной системы и системъ спутниковъ, преимущественно обязаны эти системы своею прочностію, которую безпрерывно стараются нарушить какъ взаимное дѣйствіе всѣхъ тѣлъ ихъ составляющихъ, такъ и посторонняя притяженія. Если бы дѣйствіе Юпитера вдругъ прекратилось, то спутники его, которыхъ мы видимъ теперь движущимися вокругъ сказанной планеты въ удивительномъ порядкѣ, разсѣялись бы немедленно: одни, стали бы описывать вокругъ солнца весьма удлиненные эллипсы, а другіе, удаляться безпредѣльно по иперболическимъ орбитамъ. Такимъ образомъ, внимательное разсмотрѣніе солнечной системы показываетъ намъ необходимость центральной весьма могущественной силы, для поддержанія совокупности системы и правильности ея движеній.

Одни эти соображенія уже объяснили бы строеніе солнечной системы, если бы геометръ не былъ обязанъ распространять свое воззрѣніе далѣе и искать въ первобытныхъ законахъ природы причину явленій наиболѣе указываемыхъ порядкомъ вселенной. Уже нѣкоторые изъ нихъ приведены къ этимъ законамъ. Такимъ образомъ, неподвижность полюсовъ земли на ея поверхности и прочность равновѣсія морей, два условія необходимыя для сохраненія органическихъ существъ, представляютъ простой результатъ вращательнаго движенія и всемірнаго тяготѣнія. Вращеніемъ приплюснулась земля и ось ея

обращенія сдѣлалась одною изъ главныхъ осей; отъ этого зависитъ неизмѣнность климатовъ и длины сутокъ. Вслѣдствіе тяжести, плотнѣйшіе изъ земныхъ слоевъ приблизились къ центру земли, которой средняя плотность превосходитъ, такимъ образомъ, среднюю плотность водъ покрывающихъ большую часть земной поверхности: а этого достаточно для того, чтобы утвердить прочность равновѣсія морей и *положить преграду ярости волнъ*. Объясненіе этихъ и нѣкоторыхъ другихъ подобныхъ явленій позволяетъ думать, что всѣ они зависятъ отъ сказанныхъ законовъ, болѣе или менѣе скрытыми отъ насъ отношеніями, въ незнаніи которыхъ гораздо благоразумнѣе сознаться, чѣмъ замѣнять ихъ воображаемыми причинами, единственно для успокоенія тревожнаго любопытства интересующагося происхожденіемъ вещей.

Я не могу не замѣтить здѣсь уклоненія Ньютона, по этому предмету, отъ методы, которую онъ впрочемъ прилагалъ такъ часто и такъ счастливо. Послѣ изданія въ свѣтъ его открытій относительно системы міра и свойства свѣта, этотъ великій геометръ, предаваясь умозрѣніямъ другаго рода, изыскивалъ причины, по которымъ Творецъ природы устроилъ солнечную систему въ настоящемъ ея видѣ. Изложивъ въ *толкованіи* (scolie), оканчивающемъ его безсмертный трудъ «Philosophiae Naturalis Principia Mathematica» (Математическія начала естественной философіи) (*), замѣчательное явленіе движенія планетъ и спутниковъ по одному направленію и почти въ одной и той же плоскости, онъ присовокупляетъ:

«Всѣ эти столь правильныя движенія не имѣютъ меха-

(*) Это толкованіе не находится въ первомъ изданіи упомянутаго выше сочиненія. Кажется, до того времени, Ньютонъ исключительно занимался математическими науками, которыя потомъ оставилъ какъ къ ущербу этихъ наукъ, такъ и собственной его славы.

«ническихъ причинъ, потому что кометы движутся по всѣмъ «частямъ неба и въ весьма эксцентрическихъ орбитахъ.... «Это удивительное устройство солнца, планетъ и кометъ «должно быть дѣломъ разумнаго и всемогущаго Суще- «ства....»

Въ концѣ своей «Оптики» онъ повторяетъ ту же мысль, въ которой онъ утвердился бы еще болѣе, если бы онъ зналъ доказанное нами выше, что условія взаимнаго устройства планетъ и спутниковъ въ строгости тѣ самыя, которыя обезпечиваютъ прочность ихъ существованія.

Ньютонъ продолжаетъ:

«Слѣпая судьба никогда не могла заставить всѣ планеты «двигаться такимъ образомъ, исключая только едва замѣт- «ныя неравенства, могущія происходить отъ взаимнаго «дѣйствія планетъ и кометъ и которыя, вѣроятно, будутъ «увеличиваться въ теченіе весьма долгаго времени, до тѣхъ «поръ, пока, наконецъ, система будетъ нуждаться въ приве- «деніи ея въ порядокъ руками Творца».

Но сказанное устройство планетъ развѣ не можетъ быть слѣдствіемъ законовъ движенія и Вѣчный Разумъ, къ которому прибѣгаетъ Ньютонъ, для поправки недостатковъ созданія, развѣ не могъ поставить все это устройство въ зависимость отъ явленія болѣе общаго? Таково, по нашимъ умозаключеніямъ, предположеніе туманной матеріи разсѣянной различными скопленіями въ безконечности небесъ. Развѣ можно утверждать, что сохраненіе планетной системы не было въ виду у Создателя? Взаимное притяженіе тѣлъ этой системы не можетъ нарушить ея прочности, какъ то предполагаетъ Ньютонъ. Но если бы даже въ небесномъ пространствѣ не было другой жидкости кромѣ свѣта, то его сопротивленіе и уменьшеніе въ массѣ солнца, происходящее отъ его истеченія, должно бы, по истеченіи долгаго времени, разрушить устройство

планетной системы, которая для поддержанія своего потребовала бы тогда необходимаго преобразованія. Безчисленные виды исчезнувшихъ животныхъ, открытыхъ рѣдкимъ геніемъ Кювье, успѣвшимъ отыскать ихъ организмы въ многочисленныхъ ископаемыхъ остаткахъ имъ описанныхъ, развѣ не указываютъ на стремленіе къ измѣненію въ вещахъ, по видимому, самыхъ неизмѣнныхъ? Величина и значеніе солнечной системы не должны исключать ее изъ этого общаго закона, потому что они таковы только относительно нашей собственной малости и незначительности; а вся сказанная система, не смотря на свою для насъ обширность, есть только незначительная точка въ неизмѣримости вселенной. Пробѣгая исторію успѣховъ и заблужденій ума человѣческаго, мы вездѣ видимъ конечныя причины постоянно на крайнихъ предѣлахъ нашихъ знаній. Эти причины, перенесенныя Ньютономъ на предѣлы солнечной системы, въ его же время, помѣщались въ атмосферѣ для объясненія метеоровъ. Поэтому, въ глазахъ философа, они представляютъ только наше настоящее незнаніе истинныхъ причинъ.

Лейбницъ, въ спорѣ своемъ противъ Ньютона, по поводу изобрѣтенія исчисленія безконечныхъ, живо осуждалъ возможность необходимости исправленія порядка солнечной системы, предположенной британскимъ геометромъ. «Это слишкомъ узкія понятія о мудрости и всемогуществѣ Божества», говоритъ онъ. Ньютонъ, въ свою очередь, отвѣчалъ не менѣе рѣзкою критикою на *предъустановленную гармонію* Лейбница, которую онъ называетъ вѣчнымъ чудомъ. Потомство отвергло всѣ эти тщетныя ипотезы; но оно отдало полную справедливость математическимъ трудамъ обоихъ великихъ геніевъ. Открытіе всемірнаго тяготѣнія и усилія его творца подчинить ему небесныя

явленія, останутся навсегда предметами удивленія и благодарности потомковъ.

Отъ солнечной системы перенесемся теперь къ безчисленному сонму солнцевъ, разсѣянныхъ въ неизмѣримости пространства, на такомъ отъ насъ разстояніи, что цѣлый поперечникъ земной орбиты, наблюдаемый съ того отдаленія, дѣлается нечувствительнымъ. Многія звѣзды представляютъ замѣчательныя періодическія перемѣны цвѣта и блеска, указывающія на существованіе на поверхностяхъ тѣхъ свѣтилъ большихъ пятенъ, попеременно являющихся и исчезающихъ, вслѣдствіе вращательнаго движенія. Другія звѣзды внезапно появлялись и потомъ исчезали, ярко проблиставъ въ теченіе нѣсколькихъ мѣсяцевъ. Такова, напримѣръ, звѣзда наблюденная Тихономъ Браге въ 1572 году, въ созвѣздіи Кассіопеи. Въ теченіе весьма короткаго времени она превзошла блескомъ самыя яркія звѣзды и даже самаго Юпитера, такъ что ее видѣли даже среди бѣлаго дня. Блескъ ея понемногу ослаблялся и она исчезла шестнадцать мѣсяцевъ послѣ своего появленія. Цвѣтъ ея значительно измѣнялся: изъ первоначально яркобѣлаго онъ сдѣлался желто-красноватымъ и потомъ свинцовымъ, подобно Сатурну.

Какія колоссальныя перемѣны должны были произойти на этомъ огромномъ тѣлѣ для того, чтобы быть чувствительными на безмѣрномъ отдаленіи отъ земли! На сколько они должны были превосходить перемѣны замѣчаемыя на поверхности нашего солнца! Они-то доставляютъ намъ убѣдительныя доказательства того, что природа вездѣ далеко не одинакова!

Всѣ такого рода звѣзды, внезапно исчезнувшія, во все время своего появленія не измѣняли положенія въ небѣ. Не должно ли изъ этого заключить, что въ небесныхъ пространствахъ существуютъ темныя тѣла столь же объемистыя, а можетъ быть и столь же многочисленныя какъ и звѣзды нами видимыя.

Кажется что звѣзды не разсѣяны въ пространствѣ на разстояніяхъ почти равныхъ между собою, а болѣе соединены въ различныя группы, изъ которыхъ нѣкоторыя содержатъ въ себѣ милліоны звѣздъ. Наше солнце и ярчайшія звѣзды вѣроятно принадлежатъ къ одной изъ такихъ группъ, которая, будучи наблюдаема съ земли, кажется намъ окружающею небо въ видѣ кольца и образуетъ то, что мы называемъ *млечнымъ путемъ*. Множество звѣздъ, видимыхъ одновременно въ сильный телескопъ направленный на эту полосу, доказываетъ намъ ея неизмѣримую глубину, болѣе чѣмъ въ тысячу разъ превосходящую разстояніе Сиріуса отъ земли, такъ что вѣроятно лучи исходящіе отъ тѣхъ звѣздъ достигаютъ до насъ только по прошествіи большаго числа вѣковъ. Для наблюдателя, удалившагося отъ млечнаго пути на огромное разстояніе, это скопище звѣздъ представилось бы въ видѣ бѣлаго сплошнаго свѣтлаго пятна съ небольшимъ поперечникомъ, ибо иррадіація существующая даже въ лучшихъ телескопахъ, покрыла бы, въ вышеприведенномъ случаѣ, промежутки между звѣздами. Поэтому, вѣроятно, что, между туманными пятнами, многія представляютъ группы весьма большаго числа звѣздъ, которыя, при разсматриваніи ихъ изъ ихъ же центральныхъ пространствъ, казались бы подобными нашему млечному пути. Если сообразить огромность количества звѣздъ и туманныхъ пятенъ разсѣянныхъ въ небесномъ пространствѣ, а также неизмѣримые промежутки раздѣляющіе ихъ другъ отъ друга, то самое воображеніе, изумленное громадностію вселенной, будетъ не въ состояніи представить себѣ ея предѣлы.

Гершель, наблюдая туманности своими могущественными телескопами, слѣдовалъ за успѣхами ихъ сгущенія.

Разумѣется онъ совершилъ такого рода наблюденія не надъ одною отдѣльною туманностію (потому что такого рода послѣдовательность дѣлается для насъ замѣтною только въ теченіе вѣковъ), а надъ ихъ совокупностію, точно также какъ, въ обширномъ лѣсу, слѣдуютъ за возрастаніемъ деревьевъ, наблюдая особни различныхъ возрастовъ, заключающіеся въ лѣсу. Онъ сперва наблюдалъ туманную матерію разсѣянную кучами или массами въ различныхъ частяхъ неба, въ которомъ онѣ занимаютъ огромныя пространства. Въ нѣкоторыхъ изъ этихъ кучь онъ видѣлъ матерію слабо сгустившуюся вокругъ одного или нѣсколько мало-блестящихъ ядеръ или центровъ. Въ другихъ туманностяхъ эти ядра или центры блестятъ ярче, относительно блѣднаго тумана ихъ окружающаго. Когда атмосферы каждаго ядра раздѣлятся, вслѣдствіе дальнѣйшаго сгущенія, то происходятъ сложныя туманности образующіяся изъ блестящихъ, весьма близкихъ одно отъ другаго ядеръ, окруженныхъ каждое своею атмосферою. Иногда туманная матерія, сгущаясь равномѣрнымъ образомъ, производитъ такъ называемые *планетные туманы*. Наконецъ, еще высшая степень сгущенія превращаетъ всѣ эти туманы въ звѣзды.

Туманности, распредѣленныя по этому философскому воззрѣнію, указываютъ, съ весьма большою вѣроятностію, на ихъ будущее превращеніе въ звѣзды и на предшествовавшее состояніе туманности уже существующихъ звѣздъ. Такимъ образомъ, успѣхи сгущенія туманной матеріи, низводятъ къ умозрѣнію солнца окруженнаго нѣкогда обширною атмосферою, умозрѣнію до котораго я достигъ изслѣдованіемъ явленій солнечной системы, какъ мы то увидимъ въ послѣднемъ примѣчаніи, оканчивающемъ эту книгу. Такое замѣчательное единство результатовъ, достигнутыхъ противуположными путями придаетъ большую вѣроятность дѣйствительности существованія такого первоначальнаго состоянія солнца.

Связывая образованіе кометъ съ образованіемъ туманностей, можно разсматривать первыя какъ небольшія туманности, блуждающія по различнымъ солнечнымъ системамъ и образованныя сгущеніемъ туманной матеріи разсѣянной въ чрезвычайномъ изобиліи по вселенной. Тогда кометы будутъ въ отношеніи къ нашей системѣ тоже самое, что аэролиты относительно земли, которой они кажутся чуждыми. Когда эти свѣтила (кометы) дѣлаются для насъ видимыми, они представляютъ столь совершенное подобіе туманностей, что ихъ часто смѣшиваютъ съ сими послѣдними и тогда ихъ можно отличить только по ихъ движенію, или знаніемъ всѣхъ туманностей заключающихся въ той части неба, въ которой появилась комета. Эта ипотеза счастливымъ образомъ объясняетъ какъ разширяемость кометныхъ головъ и хвостовъ, по мѣрѣ ихъ приближенія къ солнцу, такъ равно чрезмѣрную разрѣженность этихъ хвостовъ, которые, не смотря на свою громадную толщину, не ослабляютъ чувствительнымъ образомъ блеска звѣздъ сквозь нихъ наблюдаемыхъ; также движеніе кометъ по всѣмъ направленіямъ; и, наконецъ большую эксцентричность ихъ орбитъ.

Изъ предшествующихъ соображеній, основанныхъ на телескопическихъ наблюденіяхъ, слѣдуетъ, что движеніе солнечной системы весьма сложно. Луна описываетъ вокругъ земли почти круговую орбиту; но, будучи разсматриваема съ поверхности солнца, она, по видимому, описываетъ рядъ эпициклоидъ, центры которыхъ находятся на окружности земной орбиты. Подобнымъ же образомъ земля описываетъ рядъ эпициклоидъ, центры которыхъ находятся на кривой, которую солнце описываетъ около центра тяжести звѣздной группы, къ которой оно принад-

лежитъ. Наконецъ, самое солнце описываетъ рядъ эпициклоидъ, которыхъ центры лежатъ на кривой описываемой центромъ тяжести этой группы вокругъ всемірнаго солнца (центральнаго солнца вселенной).

Астрономія сдѣлала уже большой шагъ показавъ намъ движеніе земли и эпициклоиды описываемыя луною и спутниками на орбитахъ ихъ планетъ. Но если необходимы были вѣка для узнанія движеній планетной системы, то какого промежутка времени потребуетъ опредѣленіе движеній солнца и звѣздъ! Наблюденія уже показываютъ эти движенія: ихъ совокупность, по видимому, указываетъ на общее движеніе всѣхъ тѣлъ солнечной системы по направленію къ созвѣздію Геркулеса; но она кажется доказываетъ въ тоже время, что видимыя движенія звѣздъ представляютъ совокупность ихъ собственныхъ движеній съ солнечнымъ. Сверхъ того, замѣчаются еще весьма особенныя движенія въ *двойныхъ звѣздахъ* (какъ обыкновенно называютъ звѣзды, которыя являются въ телескопѣ какъ бы составленными изъ двухъ весьма близкихъ звѣздъ). Такія двѣ звѣзды обращаются одна вокругъ другой, столь замѣтнымъ (въ нѣкоторыхъ случаяхъ) образомъ, что наблюденіями немногихъ лѣтъ можно было приблизительно опредѣлить времена такихъ обращеній.

Главные предметы будущей дѣятельности звѣздной астрономіи заключаются:

1-е. Въ изслѣдованіи всѣхъ вышеупомянутыхъ движеній звѣздъ, ихъ параллаксовъ, періодическихъ измѣненій блеска звѣздъ перемѣнныхъ и временъ ихъ вращательныхъ движеній.

2-е. Въ составленіи каталога вновь являющихся звѣздъ и опредѣленіи ихъ положенія въ моментъ ихъ переходнаго блеска.

3-е. Наконецъ, въ послѣдовательныхъ перемѣнахъ вида

туманностей, перемѣнахъ уже замѣченныхъ въ нѣкоторыхъ изъ нихъ, и преимущественно въ прекрасномъ Оріоновомъ туманѣ.

Будущіе успѣхи астрономіи зависятъ отъ степени точности измѣренія времени и угловъ, и отъ совершенства оптическихъ инструментовъ. Въ отношеніи двухъ первыхъ условій, въ наше время, почти не остается ничего желать болѣе; слѣдовательно, всѣ поощренія должны быть преимущественно обращены на третій предметъ. Нѣтъ сомнѣнія, что если найдутъ возможность изготовлять отличныя ахроматическія трубы съ весьма большими отверстіями, то ими откроются въ небѣ явленія до сихъ поръ невиданныя; особенно, если такими усовершенствованными трубами будутъ наблюдать въ чистой и разрѣженной атмосферѣ тропическихъ горъ.

И въ отношеніи къ нашей собственной системѣ остается еще сдѣлать множество открытій. Планета Уранъ и ея недавно открытые спутники даютъ поводъ заключать о существованіи другихъ еще неизвѣстныхъ понынѣ планетъ (*). Подозрѣвали еще существованіе планеты между Юпитеромъ и Марсомъ, для удовлетворенія прогрессіи приблизительно существующей въ промежуткахъ планетныхъ орбитъ, начиная съ Меркуріевой. Это подозрѣніе подтвердилось открытіемъ четырехъ малыхъ планетъ (**), находящихся отъ солнца на разстояніи близко подходящемъ къ тому, которое, по упомянутой прогрессіи, должна бы занимать планета промежуточная между Юпитеромъ и Марсомъ. Дѣйствіе Юпитера на эти планеты, усиленное

(*) Въ этомъ отношеніи должно припомнить недавно совершившееся открытіе Нептуна. То, что Лапласъ въ свое время говорилъ объ Уранѣ, мы теперь, на томъ же основаніи, можемъ сказать о Нептунѣ и его спутникахъ. *Прим. перев.*

(**) Въ наше время ихъ извѣстно уже болѣе пятидесяти и это число ежегодно увеличивается. *Прим. перев.*

еще величиною эксцентричностей и наклоненій ихъ орбитъ переплетенныхъ между собою, производитъ въ ихъ движеніяхъ значительныя неравенства, которыя прольютъ новый свѣтъ на теорію небесныхъ притяженій и дадутъ возможность усовершенствовать ее еще болѣе.

Произвольные элементы этой теоріи и схожденіе (сближеніе) ея приближеній зависятъ отъ точности наблюденій и успѣховъ анализа и, чрезъ это, упомянутая теорія должна день-ото-дня пріобрѣтать большую степень точности. Великія вѣковыя неравенства небесныхъ тѣлъ, происходящія отъ ихъ взаимныхъ притяженій и уже указываемыя наблюденіями, разовьются съ теченіемъ вѣковъ. Наблюденія спутниковъ, помощію могущественныхъ телескоповъ, усовершенствуютъ теоріи ихъ движеній и, можетъ быть, послужатъ къ открытію новыхъ. Многочисленными и точными наблюденіями опредѣлятся всѣ неравенства фигуры земли и тяжести на ея поверхности, и вскорѣ вся Европа покроется сѣтью треугольниковъ, которые съ точностію покажутъ положеніе, кривизну и величину всѣхъ ея частей. Явленія прилива и отлива моря и ихъ странныя видоизмѣненія въ различныхъ портахъ обоихъ полушарій будутъ опредѣлены длиннымъ рядомъ наблюденій и сравнятся съ теоріею тяготѣнія. Узнаютъ, видоизмѣняются ли чувствительнымъ образомъ вращательное и обращательное движенія земли отъ перемѣнъ совершающихся на ея поверхности и толчками аэролитовъ, которые, по всему вѣроятію, прилетаютъ къ намъ изъ глубины небеснаго пространства.

Главнѣйшіе предметы представляемые солнечною системою для изысканій будущихъ астрономовъ и геометровъ заключаются въ слѣдующемъ:

1-е Наблюденія вновь являющихся кометъ.

2-е. Наблюденія кометъ движущихся по иперболическимъ орбитамъ и потомъ блуждающихъ изъ одной системы въ другую.

3-е. Возвращенія кометъ движущихся по эллиптическимъ орбитамъ и измѣненія ихъ формы и напряженія свѣта, при каждомъ послѣдовательномъ возвращеніи.

4-е. Возмущенія производимыя всѣми этими свѣтилами въ планетныхъ движеніяхъ.

5-е. Измѣненія движеній кометъ отъ вліянія планетъ и полныя измѣненія ихъ орбитъ отъ близости большой планеты.

6-е. Наконецъ, возмущенія движеній и орбитъ планетъ и спутниковъ со стороны звѣздъ и, можетъ быть, отъ сопротивленія эѳирныхъ срединъ (*).

Величіемъ предмета и совершенствомъ своихъ теорій астрономія представляетъ намъ прекраснѣйшій изъ памятниковъ воздвигнутыхъ умомъ человѣческимъ и благороднѣйшее выраженіе послѣдняго. Ослѣпленный обманами чувствъ и самолюбіемъ, человѣкъ долгое время считалъ себя средоточіемъ движеній небесныхъ свѣтилъ, и такая суетная гордость была наказываема пустыми страхами, которымъ онъ подвергался. Наконецъ, трудами нѣсколькихъ вѣковъ, сорвана завѣса скрывавшая отъ нашихъ глазъ устройство міра. Тогда человѣкъ увидѣлъ себя обитателемъ планеты едва замѣтной въ солнечной системѣ, которой обширное протяженіе, въ свою очередь, только незамѣтная точка въ неизмѣримости пространства. Возвышенные результаты, къ которымъ привело человѣка такое открытіе, могутъ утѣшить его относительно степени занимаемой землею въ ряду міровъ. Эти результаты указали человѣку собственное его величіе въ крайней ничтож-

(*) Къ этому можно бы еще прибавить открытія новыхъ планетъ и новыхъ спутниковъ, а также физическія измѣненія въ тѣлахъ солнечной системы. *Прим. перев.*

ности основанія, по которому онъ измѣрилъ неизмѣримость небесъ.

Будемъ тщательно хранить и увеличивать запасъ такихъ высокихъ знаній, составляющихъ усладу мыслящихъ существъ. Эти знанія уже оказали важныя услуги мореплаванію и географіи; но величайшее ихъ благодѣяніе заключается въ томъ, что они истребили ужасъ наводимый нѣкогда небесными явленіями и заблужденія порожденныя незнаніемъ истинныхъ нашихъ отношеній къ природѣ, ужасъ и заблужденія, которыя быстро возродятся если только угаснетъ свѣтильникъ наукъ.

ПРИМѢЧАНІЯ АВТОРА.

ПРИМѢЧАНІЕ ПЕРВОЕ.

Іезуитъ Гобиль (*), изъ всѣхъ нашихъ миссіонеровъ лучшій знатокъ китайской астрономіи, издалъ ея исторію отдѣльною книгою. Онъ вновь изложилъ древній отдѣлъ этой исторіи въ XXVI томѣ «Lettres édifiantes»; а я напечаталъ въ «Connaissance des temps» на 1809 годъ, драгоцѣнную рукопись этого іезуита, *о солнцестояніяхъ и полуденныхъ тѣняхъ гномона, наблюденныхъ въ Китаѣ.* Изъ этихъ сочиненій видно, что Чеу-конь, въ городѣ Лоянѣ, нынѣ Хуанъ-фу въ Хонанѣ, наблюдалъ, въ солнцестоянія, полуденныя тѣни гномона вышиною въ 8 китайскихъ футовъ. Онъ тщательно начерталъ полуденную линію и нивеллировалъ (уровнялъ) полосу земли на которую падала тѣнь. Онъ нашелъ длину полуденной тѣни въ лѣтнее солнцестояніе $= 1\frac{1}{2}$ футамъ, а въ зимнее $= 13$ футамъ. Чтобы вывести изъ этихъ наблюденій наклоненіе эклиптики, должно приложить къ нимъ нѣкоторыя поправки. Самая значительная изъ нихъ относится къ полупоперечнику солнца, ибо очевидно, что такъ какъ край тѣни гномона обозначаетъ высоту верхняго края солнца, то, для полученія высоты средоточія этого свѣтила, нужно вычесть изъ первой кажущійся полупоперечникъ солнца. Удивительно, что всѣ древніе наблюдатели, и даже принадлежавшіе къ александрійской школѣ, опустили изъ виду

(*) Gaubil.

столь существенную и столь простую поправку, отъ чего произошли въ ихъ географическихъ широтахъ погрѣшности приблизительно равняющіяся упомянутому полупоперечнику.

Вторая поправка относится къ астрономическому преломленію, которое, не было наблюдено, но можетъ, безъ чувствительной ошибки, быть предположено соотвѣтствующимъ температурѣ десяти градусовъ и высотѣ барометра въ 0,76 метра.

Наконецъ, третья поправка зависитъ отъ солнечнаго параллакса, и приводитъ сказанныя наблюденія къ центру земли.

Приложивъ эти три поправки къ вышеупомянутымъ наблюденіямъ, мы найдемъ высоту центра солнца, отнесенную къ центру земли = 87°,9049, въ лѣтнее солнцестояніе; и = 34°,7924, въ зимнее. Эти высоты даютъ высоту полюса въ Лоянѣ = 38°,6513; этотъ результатъ представляетъ почти среднюю величину между наблюденіями іезуитскихъ миссіонеровъ относительно широты сказаннаго города. Онъ же даетъ наклоненіе эклиптики = 26°,5563, въ эпоху Чеу-коня, которую, безъ значительной погрѣшности, можно отнести къ 1100 году ранѣе Р. Хр. Восходя къ этой эпохѣ помощію формулы данной въ VI книгѣ моей *Небесной Механики*, мы найдемъ что, въ то время, наклоненіе эклиптики должно было равняться 26°,5161. Разность 402″ покажется весьма малою, если принять въ соображеніе неточность существующую еще относительно планетныхъ массъ и представляемую наблюденіями гномона, особливо по причинѣ полутѣни, которая дѣлаетъ край тѣни худо ограниченнымъ.

Чеу-конь наблюдалъ еще положеніе зимняго солнцестоянія относительно къ звѣздамъ, и помѣстилъ его въ двухъ китайскихъ градусахъ отъ *Ну*, китайскаго созвѣздія начинающагося ε Водолея. Въ Китаѣ, дѣленіе окружности всегда подчинялось длинѣ года, такъ что солнце описывало въ день по одному градусу; а такъ какъ, въ эпоху Чеу-коня, годъ предполагался 365¼ дней, то два китайскихъ градуса соотвѣтствовали 2°,1905 десятичнаго дѣленія четверти круга. А такъ какъ, въ ту же эпоху, звѣзды относились къ экватору, то прямое восхожденіе звѣзды было, по приведенному наблюденію = 297°,8096. По формуламъ «Небесной Механики» оно должно было равняться 298°,7265, въ 1100 году до нашей эры. Чтобы уничтожить эту разность 9169″, стоитъ только подняться на 54 года выше, что покажется незначительнымъ, если принять въ соображеніе неточность обозначенія эпохи наблюденій китайскаго владыки и особенно неточность самыхъ наблюденій. Есть погрѣшность относительно момента солнцестоянія; но главная погрѣшность, которой слѣдуетъ опасаться, заключается въ способѣ отнесенія солнцестоянія къ звѣздѣ ε Водолея. Тутъ все равно: употреблялъ ли Чеу-конь разность времени прохожденій звѣзды и солнца чрезъ меридіанъ; или измѣрялъ онъ разстояніе отъ луны до упомянутой звѣзды, въ моментъ луннаго затмѣнія. Оба эти способа употреблялись китайскими астрономами.

ПРИМѢЧАНІЕ ВТОРОЕ.

Длинный рядъ наблюденій показалъ Халдеямъ, что, въ теченіе 19756 дней, луна дѣлаетъ 669 обращеній относительно солнца; 717 обращеній аномалистическихъ, т. е. отнесенныхъ къ точкамъ ея наибольшей скорости; и 726 обращеній относительно ея узловъ. Они прибавляли $\frac{4}{45}$

окружности къ положенію обоихъ свѣтилъ, для полученія въ сказанномъ промежуткѣ, 723 звѣздныхъ обращеній луны и 54 обращеній солнца.

Излагая этотъ періодъ, Птолемей приписываетъ его древнимъ астрономамъ, не называя впрочемъ именно халдеевъ; но свидѣтельство Геминуса, современника Силлы, котораго «Основанія Астрономіи» дошли до насъ, не оставляетъ, въ этомъ отношеніи, никакого сомнѣнія. Не только онъ приписываетъ этотъ періодъ халдеямъ, но онъ даетъ еще ихъ методу вычисленія аномаліи луны. Они предполагали, что отъ самой меньшей до самой большей скорости луны, движеніе ея ускоряется на $\frac{1}{3}$ градуса въ каждые сутки, въ теченіе одной половины аномалистическаго обращенія; и что оно тѣмъ же образомъ замедляется, въ теченіе другой половины. Они ошибались, считая равномѣрными возрастанія пропорціональныя косинусамъ разстоянія луны отъ ея перигея. Несмотря на такую ошибку, сказанная метода дѣлаетъ честь халдейскимъ астрономамъ, и это единственный памятникъ подобнаго рода достигшій до насъ отъ временъ предшествовавшихъ основанію александрійской школы. Періодъ о которомъ мы сейчасъ говорили предполагаетъ длину звѣзднаго года весьма приблизительно въ $365\frac{1}{4}$ дней; слѣдовательно, періодъ въ 365 дн., 2576, приписываемый халдеямъ Албатеномъ, можетъ принадлежать только временамъ позднѣйшимъ Иппарха.

ПРИМѢЧАНІЕ ТРЕТЬЕ.

Въ IV главѣ второй книги своей «Географіи», Страбонъ говоритъ, что, слѣдуя Иппарху, отношеніе тѣни къ гномону въ Византіи то же самое которое Питеасъ, по

собственному своему свидѣтельству, наблюдалъ въ Марсели. Далѣе, въ V главѣ, Страбонъ, по Иппарху же, говоритъ что въ Византіи, въ лѣтнее солнцестояніе, отношеніе тѣни къ гномону составляетъ: 42 безъ $\frac{1}{3}$ къ 120. Безъ сомнѣнія, на основаніи этого наблюденія, Птолемей, въ VI главѣ второй книги Алмагеста, проводитъ чрезъ Марсель параллельный кругъ, на которомъ продолжительность самаго долгаго дня въ году составляетъ $\frac{5}{8}$ дня астрономическаго; что предполагаетъ, въ лѣтнее солнцестояніе, отношеніе полуденной тѣни къ гномону $=$ 42 безъ $\frac{1}{3}$ къ 120. Питеасъ былъ, по крайней мѣрѣ, современникомъ Аристотеля, и потому наблюденіе его, безъ чувствительной ошибки, можетъ быть отнесено къ 350 году до нашей эры. Сдѣлавъ поправку рефракціи, параллакса солнца и его полупоперечника, оно даетъ $21^\circ,6386$ для солнцестоятельнаго разстоянія центра солнца отъ зенита Марсели. Широта обсерваторіи этого города $= 48^\circ,1077$; если вычесть изъ нея сей часъ приведенное разстояніе, то получимъ $26^\circ,4691$ для наклоненія эклиптики во времена Питеаса. Это наклоненіе, сравненное съ наклоненіемъ временъ Чеу-Коня, указываетъ уже на уменьшеніе этого элемента. Формулы «Небесной Механики» даютъ наклоненіе эклиптики, за 350 лѣтъ до нашей эры, равнымъ $26^\circ,4095$. Разность въ $596''$, между результатомъ формулъ и Питеасовымъ, не выходитъ изъ предѣловъ погрѣшностей этого рода наблюденій.

ПРИМѢЧАНІЕ ЧЕТВЕРТОЕ.

Сравненіемъ весьма большаго числа лунныхъ затмѣній Иппархъ нашелъ:

1-е. Въ промежутокъ $126007\frac{1}{24}$ дней, луна совершаетъ

4267 обращеній относительно солнца; 4573 обращенія относительно ея перигея, и 4612 обращеній относительно звѣздъ, за вычетомъ $8\frac{1}{3}$ градусовъ.

2-е. Въ теченіе 5458 синодическихъ мѣсяцевъ, она дѣлаетъ 5923 обращенія относительно своихъ узловъ.

Въ слѣдствіе этого результата, движенія луны, въ промежутокъ $126007\frac{1}{24}$ дней, будутъ:

относительно солнца...1706800°
» перигея..1829200°
» узловъ...1852212°, 89368.

Сравненіе этихъ движеній съ тѣми которыя опредѣлены изъ совокупности всѣхъ новѣйшихъ наблюденій, должно весьма замѣтно выказать ихъ ускореніе, даваемое теоріею всемірнаго тяготѣнія. Опредѣленныя такимъ путемъ, для начала текущаго вѣка, эти движенія даютъ, въ самомъ дѣлѣ, въ тотъ же промежутокъ времени, вышепоказанныя количества съ прибавкою

къ первому + 2657″0;
ко второму + 10981″,9;
къ третьему + 432″8.

Ускореніе этихъ трехъ движеній, со временъ Иппарха до нашихъ дней, очевидно. Сверхъ того, мы видимъ что ускореніе луннаго движенія относительно солнца около четырехъ разъ менѣе ускоренія его относительно перигея; тогда какъ оно значительно болѣе ускоренія движенія относительно узла. Это приблизительно согласуется съ теоріею тяготѣнія, по которой вышеупомянутыя ускоренія относятся между собою какъ числа

1; 4,70197; 0,38795.

Иппархъ полагалъ Вавилонъ на 3472″ во времени во-

сточнѣе Александріи. По наблюденіямъ Бошана (*), онъ еще на 557″ далѣе къ востоку, что должно было нѣсколько увеличить среднія лунныя движенія, выведенныя Иппархомъ изъ сравненія собственныхъ наблюденій съ халдейскими.

Птолемей не передалъ намъ эпохъ лунныхъ движеній Иппарха; но незначительность измѣненій сдѣланныхъ имъ въ этихъ движеніяхъ и очевидное его постоянное стремленіе сближаться съ результатами этого великаго астронома, даютъ право полагать, что иппарховы эпохи мало разнятся отъ эпохъ птолемеевыхъ таблицъ, которые даютъ въ эпоху Набонассара, то есть, 26 февраля 746 года ранѣе нашей эры, въ полдень средняго времени Александріи,

Разстоянія луны { отъ солнца . . . . . . 78°,4630
отъ перигея . . . . . . 98 ,6852
отъ восходящаго узла 93 ,6111 }

Если восходить до этой эпохи, по среднимъ движеніямъ опредѣленнымъ для начала текущаго вѣка, одними новѣйшими наблюденіями; если, сверхъ того, предположить, согласно съ послѣдними наблюденіями, Александрію на 7731″,48 во времени къ востоку отъ Парижа, то мы найдемъ разстоянія меньшія вышеприведенныхъ на количества:

первое — 1°,6316
второе — 7°,6569
третье — 0°,8205

Эти разности, слишкомъ значительныя, для того чтобы ихъ возможно было приписать погрѣшностямъ не только новыхъ, но даже и древнихъ опредѣленій, неопровержимо

(*) Beauchamp.

доказываютъ ускореніе лунныхъ движеній и необходимость вѣковыхъ уравненій.

Вѣковое уравненіе разстоянія солнца отъ луны, тожественное съ уравненіемъ средняго движенія луны, потому что таковое же солнца равномѣрно, будетъ, въ эпоху Набонассара, равнымъ 2°,0480.

Чтобы получить вѣковыя уравненія разстояній луны отъ ея перигея и восходящаго узла, въ ту же самую эпоху, нужно умножить вышепоказанныя:

второе на 4,70197;
третье на 0,38795.

Такимъ образомъ получатся три вѣковыя уравненія:

2°,0480;
9°,6299;
0°,7945.

Прибавивъ ихъ къ тремъ вышепоказаннымъ разностямъ, мы приведемъ ихъ къ тремъ слѣдующимъ:

$+\ 4164''$
$+\ 19730''$
$-\ 260''$

Приведенныя къ этимъ числамъ, упомянутыя разности могутъ зависѣть отъ погрѣшностей древнихъ и новѣйшихъ наблюденій; ибо такъ какъ среднее вѣковое движеніе узла, напримѣръ, было опредѣлено изъ наблюденій Брэдлея, сравненныхъ съ новѣйшими, то есть изъ наблюденій полу-столѣтія, то относительно его величины можетъ существовать неточность простирающаяся, по крайней мѣрѣ, до одной полуминуты.

ПРИМѢЧАНІЕ ПЯТОЕ.

Астрономы Алмамуна вывели, изъ своихъ наблюденій, наибольшее уравненіе центра солнца = 2°,2037, болѣе нашего на 655″. Албатенъ, Эбнъ-Юнисъ и многіе другіе арабскіе астрономы весьма мало отклонились отъ этого результата, который неопровержимо доказываетъ уменьшеніе эксцентрицитета земной орбиты со временъ арабовъ до нашихъ дней.

Тѣ же астрономы нашли долготу апогея солнца, въ 830 году = 91°,8333, что приблизительно согласно съ теоріею тяготѣнія, по которой та долгота, въ упомянутую эпоху, должна была равняться 92°,047. Эта теорія даетъ 36″,44 для годичнаго движенія этого апогея относительно звѣздъ; а предыдущее наблюденіе даетъ приблизительно до двухъ секундъ тоже движеніе.

Наконецъ, сравнивая свои наблюденія равноденствій съ птолемеевыми, арабы нашли длину тропическаго года равною 365 дн., 240706. Около 803 года, слишкомъ за четверть вѣка до составленія «повѣренной таблицы», арабскій астрономъ Алне-Вахенди нашелъ, изъ сравненія своихъ наблюденій съ иппарховыми, еще точнѣйшую длину тропическаго года, именно 365 дн., 242181.

Арабскіе астрономы, почти безъ исключенія, полагали наклоненіе эклиптики = 26°,2037; но, кажется, въ этомъ результатѣ проявляется вліяніе неправильнаго параллакса приписаннаго ими солнцу. По крайней мѣрѣ, это достовѣрно извѣстно въ отношеніи къ наблюденіямъ Эбнъ-Юниса, которые, по исправленіи сказаннаго невѣрнаго параллакса и рефракціи, даютъ наклоненіе эклиптики, для 1000 года, равнымъ 26°,1932. Теорія указываетъ для этой эпохи 26°,2009; такъ что разность — 77″ лежитъ въ предѣлахъ неточностей арабскихъ наблюденій.

Эпохи астрономическихъ таблицъ Эбнъ-Юниса подтверждаютъ вѣковыя уравненія движеній луны. Равнымъ образомъ, великія неравенства Юпитера и Сатурна подтверждаются этими же эпохами и соединеніемъ сказанныхъ двухъ планетъ, наблюденнымъ въ Каирѣ упомянутымъ астрономомъ. Это наблюденіе, одно изъ важнѣйшихъ въ арабской астрономіи, относится къ 31 октября 1007 года, $0^{дн.}$,16 средняго парижскаго времени. Эбнъ-Юнисъ нашелъ избытокъ геоцентрической долготы Сатурна надъ таковою же Юпитера, равнымъ 4444″. Таблицы составленныя Буваромъ, по моей теоріи, и изъ совокупности наблюденій Брэдлея, Мэскелейна (*) и парижской обсерваторіи, даютъ вышеупомянутый избытокъ = 5191″. Разность 747″ менѣе возможныхъ погрѣшностей этихъ наблюденій.

ПРИМѢЧАНІЕ ШЕСТОЕ.

Наблюденія полуденныхъ тѣней гномона, совершенныя Ко-Чеу-Кинемъ и помѣщенныя въ *Connaissance des Tems* на 1809 годъ, даютъ 2°,1759 для наибольшаго возвышенія солнца въ 1280 году, что превосходитъ нынѣшнюю величину на 377″. Они же даютъ наклоненіе эклиптики въ ту самую эпоху = 26°,1489, т. е. болѣе нынѣшняго на 757″. Такимъ образомъ, уменьшеніе этихъ двухъ элементовъ доказывается вышеупомянутыми наблюденіями.

Улугъ-Беево наблюденіе наклоненія эклиптики, исправленное относительно лучепреломленія и параллакса, даетъ упомянутое наклоненіе, для 1437 года, равнымъ 26°,1444. Оно менѣе предыдущаго, какъ и слѣдовало того ожидать,

(*) Maskeline.

принявъ въ соображеніе промежутокъ 157 лѣтъ раздѣляющій соотвѣтствующія эпохи. Слѣдующая таблица показываетъ съ очевидностію послѣдовательное уменьшеніе этого элемента, въ теченіе 2900 лѣтъ.

Имена наблюдателей и эпохи.	Наклоненіе эклиптики.	Избытокъ этого наклоненія противу результатовъ формулъ «Небесной Механики».
Чеу-Конь, за 1100 лѣтъ до нашей эры................	26°,5563	402″
Питеасъ, за 350 лѣтъ до нашей эры....................	26 ,4691	596
Эбнъ-Юнисъ, въ 1000 году....	26 ,1932	—77
Ко-Чеу-Кинь, въ 1280 году...	26 ,1489	—62
Улусъ-Бей, въ 1437 году.....	26 ,1444	130
Въ 1801 году..............	26 ,0732	

ПРИМѢЧАНІЕ СЕДЬМОЕ И ПОСЛѢДНЕЕ.

Для восхожденія къ причинѣ первоначальныхъ движеній планетной системы, мы имѣемъ пять слѣдующихъ явленій:

1-е) Движенія планетъ по одинаковому направленію и почти въ одной плоскости.

2-е) Движенія спутниковъ по одному общему направленію съ планетами.

3-е) Вращательныя движенія этихъ различныхъ тѣлъ и солнца, совершающіяся по тому же самому направленію

какъ и ихъ движенія поступательныя, и по мало различнымъ плоскостямъ.

4-е) Малость эксцентрицитета орбитъ планетъ и спутниковъ.

5-е) Наконецъ, большая эксцентричность кометныхъ орбитъ, хотя наклоненія ихъ были предоставлены случаю.

Сколько мнѣ извѣстно, послѣ открытія истинной системы міра, одинъ только Бюффонъ попытался вознестись до исходнаго начала планетъ и ихъ спутниковъ. Онъ предположилъ что комета, упавъ на солнце, оторвала отъ него цѣлый потокъ вещества, соединившійся на различныхъ разстояніяхъ отъ дневнаго свѣтила въ болѣе или менѣе объемистыя шаровидныя массы. Эти шары сдѣлавшись, чрезъ охлажденіе, твердыми и темными представляютъ теперь планеты и ихъ спутниковъ.

Эта ипотеза, съ перваго взгляда, удовлетворяетъ первому изъ пяти вышеприведенныхъ явленій. Ясно, что тѣла образовавшіяся такимъ путемъ должны двигаться приблизительно въ плоскости проходящей чрезъ центръ солнца и въ направленіи потока вещества ихъ образовавшаго; но остальныя четыре явленія кажутся мнѣ необъяснимыми этимъ путемъ. Дѣйствительно, безусловное движеніе частичекъ планеты должно тогда имѣть тоже направленіе, какъ идвиженіе ея центра тяжести; но изъ этого еще не слѣдуетъ что вращательное движеніе планеты будетъ имѣть тоже самое направленіе. Напримѣръ, земля можетъ двигаться отъ востока къ западу, и притомъ безусловное движеніе каждой изъ ея частичекъ будетъ направлено отъ запада къ востоку. То же самое прилагается и къ обращательному движенію спутниковъ, котораго направленіе, въ разсматриваемой ипотезѣ, не необходимо одинаково съ поступательнымъ движеніемъ планетъ.

Малая эксцентричность планетныхъ орбитъ представляетъ явленіе, которое нетолько трудно объяснить бюффоновою ипотезою, но которое прямо ей противорѣчитъ. Изъ теоріи центральныхъ силъ извѣстно, что если тѣло движущееся по сходящейся орбитѣ, вокругъ солнца задѣнетъ его поверхность, то оно будетъ постоянно возвращаться къ этой точкѣ прикосновенія, при каждомъ изъ своихъ обращеній. Отсюда слѣдуетъ, что еслибы планеты были первоначально отдѣлены отъ солнца, то онѣ бы касались его при каждомъ возвращеніи къ этому свѣтилу, и орбиты ихъ, вмѣсто почти круговыхъ, были бы очень эксцентричны. Правда, что потокъ вещества оторваннаго отъ солнца не можетъ быть въ точности сравниваемъ съ шаромъ задѣвающимъ солнце при прохожденіи мимо сего послѣдняго: толчки получаемые одними частями такого потока отъ другихъ и взаимное ихъ между собою притяженіе, измѣняя направленіе ихъ движеній, могутъ отдалить ихъ перигеліи отъ солнца. Но все-таки ихъ орбиты должны остаться очень эксцентричными, или, по крайней мѣрѣ, онѣ бы не могли всѣ представлять такія малыя эксцентричности, иначе какъ вслѣдствіе самаго необыкновеннаго случая. Наконецъ, въ бюффоновой ипотезѣ, мы не видимъ причины, почему орбиты болѣе сотни наблюденныхъ кометъ всѣ очень растянуты? Вотъ почему сказанная ипотеза далеко не удовлетворяетъ вышеприведеннымъ явленіямъ.

Посмотримъ, нельзя ли другимъ путемъ добраться до ихъ истинной причины?

Какова бы ни была эта причина, такъ какъ она родила или направила движенія планетъ, то необходимо допустить что она обнимала собою всѣ эти тѣла; а, при огромныхъ промежуткахъ раздѣляющихъ планеты, она могла быть только жидкостію распространенною по чрезвычайно обширному пространству. Для того чтобы сообщить упомя-

нутымъ міровымъ тѣламъ почти кругообразное движеніе вокругъ солнца, нужно чтобы сказанная жидкость окружала это свѣтило въ видѣ атмосферы. Разсмотрѣніе планетныхъ движеній приводитъ насъ такимъ образомъ къ мысли, что, вслѣдствіе чрезмѣрнаго жара, солнечная атмосфера первоначально простиралась за орбиты всѣхъ планетъ и что она послѣдовательно сжалась до своихъ настоящихъ предѣловъ.

Въ предположенномъ нами первоначальномъ состояніи солнца, оно походило на туманности, которыя мы усматриваемъ въ зрительныя трубы, въ видѣ болѣе или менѣе блестящаго ядра, окруженнаго туманомъ, который, сгущаясь на поверхности ядра, превращаетъ его въ звѣзду. Если, по аналогіи, мы представимъ себѣ, что всѣ звѣзды образовались этимъ путемъ, то можно вообразить что ихъ предшествующее состояніе туманности было, въ свою очередь, предшествуемо другими состояніями, въ которыхъ туманная матерія была все болѣе и болѣе разрѣжена, а ядро было менѣе и менѣе блестящимъ. Такимъ образомъ, восходя до крайней возможности, мы придемъ къ туманности разрѣженной до такой степени, что едва можно подозрѣвать ея существованіе.

Уже съ давняго времени, особенное расположеніе нѣкоторыхъ звѣздъ видимыхъ простымъ глазомъ, поражало наблюдателей-философовъ. Митчель уже замѣтилъ, до какой степени мало вѣроятно, что, напримѣръ, звѣзды Плеядъ скопились въ тѣсномъ пространствѣ ихъ заключающемъ, одною только игрою случая. Онъ заключилъ, что какъ эта звѣздная группа, такъ и другія подобныя же, разсѣянныя въ разныхъ частяхъ неба, обязаны своимъ происхожденіемъ первоначальной причинѣ или общему закону природы. Эти группы представляютъ необходимый результатъ сгущенія туманностей съ нѣсколькими

ядрами; ибо, очевидно, что туманная матерія, будучи непрестанно притягиваема этими различными ядрами, должна съ теченіемъ времени, образовать группу звѣздъ, подобную группѣ Плеядъ.

Подобнымъ же образомъ, сгущеніе туманностей съ двумя ядрами образуетъ пару весьма близкихъ между собою звѣздъ, обращающихся одна вокругъ другой, какъ мы то видимъ въ двойныхъ звѣздахъ, которыхъ взаимныя движенія уже замѣчены.

Но, какимъ образомъ солнечная атмосфера опредѣлила вращательное и обращательное движеніе планетъ и ихъ спутниковъ?

Если эти тѣла глубоко проникали въ солнечную атмосферу, то ея сопротивленіе должно было заставить ихъ упасть на солнце. По этому, можно предположить что планеты образовались, на ея послѣдовательныхъ предѣлахъ, сгущеніемъ поясовъ пара, которые упомянутая атмосфера, охлаждаясь, оставляла за собою въ плоскости своего экватора.

Припомнимъ здѣсь результаты приведенные нами въ X главѣ предшествующей книги.

Солнечная атмосфера не можетъ распространяться безконечно: предѣлъ ея будетъ тамъ гдѣ центробѣжная сила, происходящая отъ ея обращательнаго движенія, уравновѣситъ тяжесть. По мѣрѣ того, какъ охлажденіе сжимаетъ атмосферу и сгущаетъ на поверхности свѣтила ближайшія къ ней частички, вращательное движеніе увеличивается; ибо, вслѣдствіе правила площадей, сумма площадей описанныхъ радіусомъ векторомъ каждой частички солнца и его атмосферы и проложенныхъ на плоскости его экватора, будучи всегда одинакова, вращеніе на оси должно быть скорѣе, когда упомянутыя частички приближаются къ центру солнца. Центробѣжная сила, происходящая отъ

этого движенія, увеличивается такимъ образомъ и точка гдѣ тяжесть дѣлается ей равною, находится ближе къ центру. Слѣдовательно, предположивъ (что весьма естественно), что въ какую либо эпоху, атмосфера простиралась до ея предѣловъ; она должна была, охлаждаясь, покинуть частички находящіяся на упомянутомъ предѣлѣ и на послѣдовательныхъ предѣлахъ, происшедшихъ отъ возрастанія вращательнаго движенія солнца. Такія покинутыя частички продолжали обращаться вокругъ этого свѣтила, потому что ихъ центробѣжная сила уравновѣшивалась ихъ тяжестію. Но такъ какъ это равенство не существовало относительно атмосферныхъ частичекъ помѣщенныхъ на параллеляхъ солнечнаго экватора, сіи послѣднія, по своей тяжести, приближались къ атмосферѣ, по мѣрѣ ея сгущенія и не переставали принадлежать ей пока, сказаннымъ движеніемъ, не приближались къ тому экватору.

Разсмотримъ теперь поясы или зоны паровъ, покинутыя послѣдовательно одинъ за другимъ.

По всему вѣроятію, эти зоны должны были, своимъ сгущеніемъ и взаимнымъ притяженіемъ ихъ частичекъ, образовать различныя паровыя концентрическія кольца, кружившія около солнца. Взаимное треніе частичекъ каждаго кольца должно было ускорять движеніе однихъ и замедлять движеніе другихъ, пока всѣ они пріобрѣли одно и тоже угловое движеніе. Такимъ образомъ, дѣйствительныя скорости частичекъ наиболѣе отдаленныхъ отъ центра свѣтила были наибольшія. Этой разности скоростей должна была способствовать еще слѣдующая причина. Отдаленнѣйшія отъ солнца частички, которые вслѣдствіе охлажденія и сгущенія приблизились къ нему для образованія верхней части кольца, всегда описывали площади пропорціональныя временамъ, потому что центральная сила ихъ побуждавшая была постоянно направлена къ названному свѣтилу; а такое постоянство площадей требуетъ возрастанія скорости, по мѣрѣ ихъ къ нему приближенія. Очевидно, что та же причина должна была уменьшить скорость частичекъ поднявшихся къ кольцу, для образованія его нижней части.

Еслибы всѣ частички пароваго кольца продолжали сгущаться не разъединяясь, то, съ теченіемъ времени, онѣ составили бы капельное или твердое кольцо. Но, по причинѣ правильности требуемой для такого образованія во всѣхъ частяхъ кольца и для ихъ охлажденія, явленіе такого рода должно случаться чрезвычайно рѣдко. И, въ самомъ дѣлѣ, солнечная система представляетъ намъ только одинъ такой примѣръ въ сатурновыхъ кольцахъ. Почти всегда, каждое паровое кольцо должно было раздѣлиться на нѣсколько массъ, которыя, двигаясь весьма мало различными скоростями, продолжали обращаться вокругъ солнца, на томъ же самомъ разстояніи. Эти массы должны были принять шаровидную форму съ вращательнымъ на оси движеніемъ, направленнымъ одинаково съ движеніемъ обращательнымъ, потому что ихъ нижнія частички обладали меньшею противу верхнихъ дѣйствительною скоростію. Вслѣдствіе этого они образовали каждая отдѣльную планету въ парообразномъ видѣ. Но если одна изъ такихъ массъ была достаточно могущественна для послѣдовательнаго соединенія своимъ притяженіемъ всѣхъ другихъ массъ вокругъ своего центра; то первое кольцо превращалось такимъ образомъ въ одну шаровидную массу паровъ, кружащую вокругъ солнца, съ вращательнымъ движеніемъ направленнымъ въ ту же сторону какъ и обращательное. Послѣдній случай наиболѣе обыкновенный въ солнечной системѣ. Впрочемъ, мы видимъ въ ней и первый случай въ четырехъ малыхъ планетахъ движущихся между Марсомъ и Юпитеромъ, если только не предполо-

жить, вмѣстѣ съ Ольберсомъ, что онѣ составляли первоначально одну планету разбитую сильнымъ взрывомъ на нѣсколько частей, одаренныхъ различными скоростями (ПП).

Теперь, если мы послѣдуемъ за измѣненіями которыя должно было произвести охлажденіе въ паровидныхъ планетахъ, которыхъ образованіе мы себѣ представили, то мы увидимъ что въ центрѣ каждой изъ нихъ раждается ядро, безпрерывно увеличивающееся сгущеніемъ окружающей атмосферы. Въ этомъ состояніи, планета совершенно походитъ на солнце бывшее въ видѣ туманнаго пятна, какъ мы выше разсматривали. Охлажденіе и здѣсь должно было производить на различныхъ предѣлахъ атмосферы явленія подобныя описаннымъ выше, то есть, кольца и спутниковъ кружащихъ около центра планеты по направленію ея обращательнаго движенія, и вращающихся, въ томъ же направленіи, вокругъ собственныхъ своихъ осей. Правильное распредѣленіе массы колецъ Сатурна вокругъ его центра и въ плоскости его экватора, истекаетъ естественно изъ этой ипотезы и безъ нея дѣлается необъяснимымъ. Эти кольца кажутся мнѣ вѣчно-существующими доказательствами первоначальнаго развитія сатурновой атмосферы и ея послѣдовательныхъ сжиманій.

Такимъ образомъ, странныя явленія малой эксцентричности орбитъ планетъ и спутниковъ, малаго наклоненія этихъ орбитъ къ солнечному экватору и, наконецъ, тожество направленія вращательнаго и обращательнаго движеній всѣхъ этихъ тѣлъ съ вращательнымъ движеніемъ солнца, истекаютъ изъ предложенной нами ипотезы и даютъ ей высокую степень вѣроятности, увеличивающуюся еще слѣдующими соображеніями.

Такъ какъ, по нашей ипотезѣ, всѣ тѣла обращающіяся вокругъ какой либо планеты образовались изъ тѣлъ последовательно покинутыхъ ея атмосферою; а вращатель-

ное ея движеніе чрезъ то постепенно увеличивалось; то продолжительность этого движенія должна быть менѣе времени обращательнаго движенія всѣхъ этихъ тѣлъ; что также, подобнымъ образомъ, имѣетъ мѣсто и относительно солнца сравненнаго съ планетами (*). Все это подтверждается наблюденіями. Время обращенія внутренняго сатурнова кольца, по наблюденіямъ Гершеля, составляетъ $0^{\text{дн.}}$,438, тогда какъ вращеніе самаго Сатурна совершается всего въ $0^{\text{дн.}}$,427. Разность $0^{\text{дн.}}$,011 конечно малозначительна; но оно и должно такъ быть, потому что, такъ какъ часть сатурновой атмосферы, которая отъ уменьшенія теплоты осѣдала на поверхность этой планеты, послѣ образованія кольца, была мало-значительна и устремлялась съ небольшой высоты: поэтому она и не должна была много увеличить скорость вращенія планеты.

Еслибы солнечная система образовалась съ совершенною правильностію, то орбиты тѣлъ ее составляющихъ были бы кругами, которыхъ плоскости, равно какъ и плоскости различныхъ экваторовъ и колецъ, совпадали бы съ плоскостію солнечнаго экватора. Но кажется, что безконечное разнообразіе температуръ и плотностей, существовавшее въ различныхъ частяхъ упомянутыхъ большихъ массъ, произвело эксцентричности ихъ орбитъ и уклоненія ихъ движеній отъ плоскости солнечнаго экватора.

(*) Кеплеръ, въ своемъ сочиненіи, «De motibus stellae Martis» объясняетъ движеніе всѣхъ планетъ въ одну сторону помощію нематеріальныхъ истеченій изъ поверхности солнца, которыя, сохраняя вращательное движеніе бывшее у нихъ на поверхности того свѣтила, сообщили его планетамъ. Изъ этого Кеплеръ заключилъ, что солнце вертится на своей оси въ промежутокъ времени кратчайшій обращенія Меркурія, что вскорѣ показали и наблюденія Галилея. Конечно кеплерова ипотеза не можетъ быть допущена; но замѣчательно, что онъ поставилъ тожество направленія планетныхъ движеній въ зависимость отъ солнечнаго вращенія на оси: столь естественнымъ является это стремленіе.

Въ нашей ипотезѣ, кометы почитаются чуждыми планетной системѣ. Разсматривая ихъ, по нашему примѣру, какъ небольшія туманности, блуждающія изъ одной солнечной системы въ другую, и составленныя сгущеніемъ туманной матеріи такъ обильно разлитой по вселенной, мы усмотримъ, что если онѣ попадутъ въ часть пространства, въ которой преобладаетъ притяженіе солнца, то послѣднее принудитъ ихъ описывать эллиптическія или гиперболическія орбиты. Но такъ какъ ихъ скорости одинаково возможны по всѣмъ направленіямъ, то онѣ должны безразлично двигаться во всѣ стороны и по всевозможнымъ наклоненіямъ къ эклиптикѣ. Все это подтверждается наблюденіемъ.

Такимъ образомъ, сгущеніе туманнаго вещества, которымъ мы сейчасъ объяснили вращательное и обращательное движеніе планетъ и спутниковъ въ одну сторону и по мало различнымъ плоскостямъ, объясняетъ также— почему движенія кометъ уклоняются отъ этого общаго закона.

Большая эксцентричность кометныхъ орбитъ есть также одинъ изъ результатовъ нашей ипотезы. Если эти орбиты эллиптичны, то онѣ сильно растянуты, потому что ихъ большія оси по крайней мѣрѣ равны радіусу сферы солнечнаго дѣйствія. Но эти орбиты могутъ быть также иперболическими, и если оси этихъ иперболъ не очень велики относительно средняго разстоянія солнца отъ земли, то движеніе кометъ ихъ описывающихъ покажется чувствительно иперболическимъ. Однакожъ, изъ сотни по крайней мѣрѣ кометъ, которыхъ элементы намъ извѣстны, ни одна, по видимому, не движется по иперболѣ; поэтому, кажется, что случаи, дающіе чувствительную иперболу, весьма рѣдки въ сравненіи съ противоположными случаями. Кометы такъ малы, что становятся видимыми только тогда, когда

разстояніе ихъ отъ солнца малозначительно. Изъ всѣхъ извѣстныхъ донынѣ примѣровъ, это разстояніе никогда не превосходило дважды взятаго поперечника земной орбиты (*) и несравненно чаще было менѣе радіуса этой орбиты (**) (PP). Понятно, что для такого приближенія къ солнцу, ихъ скорость, въ моментъ вступленія въ его сферу дѣйствія, должна имѣть величину и направленіе заключенные въ тѣсныхъ предѣлахъ. Опредѣляя, помощію анализа вѣроятностей, отношеніе случаевъ, дающихъ, въ этихъ предѣлахъ, чувствительную иперболу, съ случаями дающими орбиту которую бы можно было смѣшать съ параболою, я нашелъ, что можно биться о закладъ, по крайней мѣрѣ, шесть тысячъ противъ одного, что туманность проникающая въ сферу дѣятельности солнца, такимъ образомъ, что она (туманность) становится видимою, будетъ описывать весьма растянутый эллипсъ или иперболу, которая величиною своей оси чувствительно смѣшивается съ параболою, въ части подверженной наблюденію. Поэтому, неудивительно, что до сихъ поръ еще не открыли иперболическихъ движеній (CC).

Притяженіе планетъ и можетъ быть еще сопротивленіе эѳирныхъ срединъ должны были измѣнить нѣкоторыя кометныя орбиты въ эллипсы, которыхъ большая ось гораздо менѣе радіуса сферы дѣятельности солнца. Подобнаго рода измѣненіе можетъ также произойти отъ взаимной встрѣчи этихъ свѣтилъ; потому что, по нашей ипотезѣ касательно ихъ образованія, въ солнечной системѣ должно существовать чрезвычайно много кометъ, но наблюдаемы могутъ быть изъ нихъ только тѣ, которыя довольно близко подходятъ къ солнцу. Можно предполагать,

(*) Всего около 600 милліоновъ верстъ.
(**) Около 150 милліоновъ верстъ.

что такого рода измѣненіе совершилось надъ орбитою кометы 1759 года, которой большая ось превосходитъ не болѣе 35 разъ разстояніе солнца отъ земли. Еще большая перемѣна случилась съ орбитами кометъ 1770 и 1805 годовъ.

Если иныя кометы проникли въ атмосферы солнца и планетъ во время ихъ образованія, то они должны были, описывая спиральныя линіи, упасть на эти тѣла и, своимъ паденіемъ, отклонить плоскости орбитъ и экваторовъ тѣхъ планетъ отъ плоскости солнечнаго экватора.

Если въ зонахъ покинутыхъ атмосферою солнца находились частички слишкомъ летучія, для того чтобы соединиться между собою и съ планетами, то, продолжая совершать обращеніе вокругъ солнца, они должны были представиться въ видѣ зодіакальнаго свѣта, не полагая никакого замѣтнаго препятствія различнымъ тѣламъ планетной системы, какъ по причинѣ ихъ чрезвычайнаго разрѣженія, такъ и потому, что движеніе ихъ весьма приблизительно тожественно съ движеніемъ планетъ ими встрѣчаемыхъ.

Глубокое изученіе всѣхъ обстоятельстъ этой системы еще болѣе увеличиваетъ вѣроятность нашей ипотезы. Первоначальное жидкое состояніе планетъ ясно указывается сплюснутостію ихъ фигуръ, соотвѣтствующею законамъ взаимнаго притяженія ихъ частичекъ. Для земли, оно еще доказывается правильнымъ уменьшеніемъ тяжести отъ экватора къ полюсамъ. Это первобытное жидкое состояніе, къ которому приходятъ астрономическими явленіями, обнаруживается еще въ явленіяхъ естественноисторическихъ. Но чтобы открыть его въ нихъ, необходимо принять въ соображеніе огромное разнообразіе соединеній, образованныхъ всѣми земными веществами, смѣшанными въ видѣ паровъ, когда пониженіе температуры

позволило ихъ началамъ соединиться между собою. Потомъ, нужно еще сообразить чрезвычайныя измѣненія, которыя это пониженіе должно было послѣдовательно произвести во внутренности и на поверхности земли, во всѣхъ ея произведеніяхъ, въ составѣ и давленіи атмосферы, въ океанѣ и въ тѣлахъ которыя въ немъ были растворены. Наконецъ, нужно еще обратить вниманіе на внезапныя перемѣны, каковы, напримѣръ, большія вулканическія изверженія, возмущавшія, въ различныя эпохи, правильность тѣхъ измѣненій. Геологія, связывающаяся съ этой точки зрѣнія съ астрономіею, можетъ, относительно многихъ предметовъ, пріобрѣсти отъ послѣдней ея точность и несомнѣнность.

Строгое равенство между угловыми движеніями вращенія и обращенія каждаго изъ планетныхъ спутниковъ составляетъ одно изъ самыхъ замѣчательныхъ явленій въ солнечной системѣ. Безконечное количество вѣроятностей говоритъ въ пользу того, что оно не могло быть слѣдствіемъ случая. Теорія всемірнаго тяготѣнія превращаетъ эту безконечную вѣроятность въ несомнѣнность, показывая что для существованія этого явленія достаточно чтобы въ началѣ эти движенія были очень мало различны между собою. Тогда притяженіе планеты установитъ между ними совершенное равенство; но, съ тѣмъ вмѣстѣ, породитъ періодическое колебаніе въ оси спутника направленной къ планетѣ, колебаніе, котораго размѣръ зависитъ отъ первоначальной разности обоихъ упомянутыхъ движеній. Такъ какъ наблюденія Майера надъ либраціею луны и наблюденія Бувара и Николле сдѣланныя надъ тѣмъ же предметомъ, по моей просьбѣ, не показали этого колебанія, то разность отъ которой оно зависитъ должна быть очень мала; что указываетъ, съ чрезвычайною вѣроятностію, на специальную причину, которая сперва за-

ключила эту разность въ весьма тѣсные предѣлы, въ которыхъ притяженіе планеты могло установить строгое равенство между средними движеніями вращенія и обращенія, и которая, впослѣдствіи, совершенно уничтожила колебаніе порожденное упомянутымъ равенствомъ. Оба эти явленія слѣдуютъ изъ нашей ипотезы, ибо понятно, что луна, въ состояніи пара, образовала, могущественнымъ притяженіемъ земли, продолговатый сфероидъ, котораго большая ось должна была безпрерывно направляться къ нашей планетѣ, по причинѣ чрезвычайной легкости съ которою пары повинуются вліянію самыхъ слабыхъ силъ ихъ побуждающихъ. Такъ какъ земное притяженіе продолжало дѣйствовать одинаковымъ образомъ во все время пока луна оставалась жидкою, то, съ теченіемъ времени, сближая безпрерывно движенія этого спутника, должно было привести вышеупомянутую разность въ предѣлы, между которыми начинаетъ установляться ихъ строгое равенство. Впослѣдствіи, притяженіе земли должно было, мало по малу, уничтожить колебаніе, произведенное сказаннымъ равенствомъ въ большой оси сфероида направленной къ землѣ. Такимъ же образомъ, жидкости покрывающія эту планету, своимъ треніемъ и сопротивленіемъ, уничтожили первоначальныя колебанія ея оси вращенія, которая нынѣ подвержена только нутаціи происходящей отъ дѣйствій солнца и луны. Нетрудно убѣдиться, что равенство вращательнаго и обращательнаго движеній спутниковъ было помѣхою для образованія колецъ и второстепенныхъ спутниковъ атмосферами упомянутыхъ тѣлъ; и, въ самомъ дѣлѣ, наблюденія, до сихъ поръ, не указали ничего подобнаго.

Движенія трехъ первыхъ спутниковъ Юпитера представляютъ явленіе еще болѣе необыкновенное чѣмъ сейчасъ разсказанное. Оно состоитъ въ томъ, что средняя

долгота перваго спутника, безъ утроенной втораго, сложенная съ удвоенною третьяго, постоянно равна двумъ прямымъ угламъ. Безконечно вѣроятно, что такое равенство не произошло случайно. Мы уже видѣли, что для его произведенія достаточно было, чтобы, первоначально, среднія движенія этихъ трехъ тѣлъ весьма приблизительно удовлетворяли отношенію, которое дѣлаетъ равнымъ нулю среднее движеніе перваго спутника, безъ трижды взятаго втораго и сложенное съ дважды взятымъ третьяго. Тогда, ихъ взаимныя притяженія въ строгости установили это отношеніе, и, въ добавокъ, оно сдѣлало постоянно-равною полуокружности среднюю долготу перваго спутника, безъ утроенной втораго, сложенной съ удвоенною третьяго. Въ тоже время, оно породило періодическое неравенство зависящее отъ небольшаго количества, на которое среднія движенія первоначально уклонялись отъ сейчасъ изложеннаго нами отношенія. Всѣ старанія Деламбра, для открытія этого неравенства помощію наблюденій, остались тщетными: это доказываетъ его чрезвычайную малость, и, слѣдовательно, съ весьма большою вѣроятностію, указываетъ причину уничтожившую то неравенство. Въ нашей ипотезѣ, спутники Юпитера, непосредственно въ слѣдъ за ихъ образованіемъ, двигались не въ совершенной пустотѣ: наименѣе сгущаемыя частички первоначальныхъ атмосферъ солнца и планеты составляли тогда рѣдкую средину, которой сопротивленіе, различное для каждаго изъ этихъ свѣтилъ, могло, мало по малу, приблизить ихъ среднія движенія къ отношенію о которомъ идетъ рѣчь. А когда эти движенія достигли, такимъ образомъ, до условій требуемыхъ для того чтобы взаимное притяженіе трехъ спутниковъ въ строгости установило это отношеніе, тоже самое сопротивленіе безпрерывно уменьшало неравенство порожденное

этимъ отношеніемъ и, наконецъ, сдѣлало его нечувствительнымъ. Нельзя лучше сравнить этихъ дѣйствій, какъ съ движеніемъ маятника одареннаго большою скоростію въ срединѣ представляющей весьма мало сопротивленія. Онъ сперва опишетъ множество окружностей, но, впослѣдствіи времени, его круговращательное движеніе, постоянно уменьшаясь, превратится въ колебательное (качательное), которое, въ свою очередь, все болѣе и болѣе уменьшаясь сопротивленіемъ средины, наконепъ совершенно уничтожится. Тогда маятникъ, достигнувъ состоянія покоя, останется въ немъ постоянно.

КОНЕЦЪ.

ПРИМѢЧАНІЯ ПЕРЕВОДЧИКА

КО ВТОРОМУ ТОМУ

ИЗЛОЖЕНІЯ СИСТЕМЫ МІРА.

АА. (страница 2).

Открытіе Нептуна, какъ подтвержденіе непреложности закона всемірнаго тяготѣнія.

Лапласъ говоритъ, что великій законъ тяготѣнія представляетъ всѣ небесныя явленія въ ихъ мельчайшихъ подробностяхъ, и что нѣтъ ни одного изъ планетныхъ неравенствъ, которое бы не изливалось съ величайшею точностію изъ этого закона природы, часто предварявшаго самыя наблюденія, открывая намъ причины различныхъ странныхъ и необъяснимыхъ движеній замѣченныхъ астрономами, но которыя, по ихъ сложности и чрезвычайной медленности, могли быть опредѣлены наблюденіемъ только по прошествіи значительнаго времени.

Не говоря уже о великихъ неравенствахъ, указанныхъ теоріею ранѣе наблюденія, здѣсь мѣсто вспомнить также объ открытіи Нептуна. Теорія, основанная на законѣ всемірнаго притяженія, указала на существованіе за-уранной планеты и даже на ея мѣсто въ небѣ, ранѣе чѣмъ ее открылъ глазъ человѣческій. Телескопъ берлинскаго астронома Галле только было орудіемъ теорическихъ указаній Леверрье. Любопытная исторія открытія этой планеты довольно подробно разсказана нами въ одномъ изъ нашихъ примѣчаній къ первому тому этой книги.

———

ББ. (стр. 34).

Масса Меркурія.

Новѣйшія изслѣдованія показали, что дѣйствительно ипотеза, по которой была выведена масса Меркурія, данная Лапласомъ въ текстѣ его II-го тома *Изложенія системы міра*, была весьма произвольная. Въ слѣдствіе изысканій новѣйшихъ астрономовъ, масса Меркурія менѣе половины той, которую приводитъ Лапласъ. Это очевидно изъ сравненія таблицы планетныхъ массъ данной Лапласомъ и другой такой же таблицы, помѣщенной въ слѣдующемъ за симъ примѣчаніи и извлеченной изъ IV-го тома *Популярной астрономіи Араго*.

ВВ. (стр. 34).

Таблица планетныхъ массъ, принявъ массу солнца за единицу.

(изъ Fr. Arago, Astron. popul. T. IV, p. 34.)

Меркурій	$\frac{1}{4,865,751}$
Венера	$\frac{1}{401,847}$
Земля	$\frac{1}{354,936}$
Марсъ	$\frac{1}{2,680,337}$
Юпитеръ	$\frac{1}{1,050}$
Сатурнъ	$\frac{1}{3,500}$
Уранъ	$\frac{1}{24,000}$

Присовокупляемъ къ этимъ даннымъ массу Нептуна, бывшаго неизвѣстнымъ во времена Лапласа:

Нептунъ . . . . $\frac{1}{17,000}$

Что же касается до массъ малыхъ планетъ, находящихся между Марсомъ и Юпитеромъ, то о нихъ извѣстно только то, что онѣ весьма малы и, по всей вѣроятности, всѣ вмѣстѣ взятыя меньше нашей луны. А масса луны, принявъ массу солнца за 1, будетъ:

Луна . . . . $\frac{1}{31,234,368}$

ГГ. (Стр. 35).

Плотность земли и планетъ.

По изслѣдованіямъ Кавендиша, средняя плотность земнаго шара = 5.448, принявъ плотность перегнанной воды за единицу. Въ гораздо новѣйшее время, опыты Рейха, въ Фрейбергѣ, дали эту плотность = 5.4383. Оба вывода, какъ мы видимъ, очень близко сходятся другъ съ другомъ.

Мы представляемъ, вслѣдъ за симъ, таблицу плотностей главныхъ планетъ солнечной системы и самого солнца, принявъ плотность земли за 1, а также принявъ за 1 плотность перегнанной воды.

	Плотность земли = 1.	Плотность воды = 1.
Меркурій	1.234	6.71
Венера	0.923	5.02
Земля	1.000	5.44
Марсъ	0.948	5.15

	Плотность земли = 1.	Плотность воды = 1.
Юпитеръ	0.238	1.29
Сатурнъ.	0.138	0.75
Уранъ	0.180	0.98
Нептунъ.	0.222	1.21
Солнце.	0.252	1.37
Луна	0.619	3.37

Мы заимствовали эту таблицу у Араго̀. Имѣя ее предъ глаза̀ми, нѣтъ ничего легче какъ вычислить плотность земли и другихъ планетъ, принявъ плотность солнца за 1.

ДД. (Стр. 39).

О необычайной малости кометныхъ массъ уже говорено было въ *Примѣчаніяхъ* къ Тому I-му.

ЕЕ. (Стр. 42).

Изслѣдованіе французскаго геометра Леверрье надъ орбитою замѣчательной кометы 1770 года помѣщены въ протоколахъ засѣданій парижской академіи наукъ 25-го октября и 20-го декабря 1847 г. и 1-го мая 1848. Эти изслѣдованія, въ довольно подробномъ извлеченіи, напечатаны въ Журналѣ Министер. Народнаго Просвѣщенія на 1848 годъ, № 1 и № 5.

ЖЖ. (Стр. 65).

Объ аэролитахъ.

Явленія метеоровъ, называемыхъ *аэролитами*, *болидами* и *падающими звѣздами*, съ древнихъ временъ занимали умы философовъ, которые искали ихъ объясненій въ дѣйствіяхъ грозы, въ сгущеніи металлическихъ паровъ, поднявшихся до крайнихъ предѣловъ земной атмосферы, въ потокахъ горящаго водороднаго газа и даже въ продуктахъ изверженія вулкановъ луны. Въ новѣйшее время, большая часть физиковъ и астрономовъ, съ большимъ правомъ на вѣроятіе, подчинила явленія упомянутыхъ метеоровъ общимъ законамъ системы міра и считаетъ аэролиты, болиды и падающія звѣзды за міровыя тѣла, вращающіяся по эллиптическимъ орбитамъ вокругъ солнца, подобно землѣ и другимъ планетамъ. Здѣсь вся разница состоитъ въ размѣрахъ массъ и объемовъ. Тѣла эти, обращаясь вокругъ солнца, встрѣчаются съ нашею землею и иногда, попавъ на такое разстояніе отъ земли, гдѣ притяженіе нашей планеты превозмогаетъ притяженіе солнца, падаютъ на земную поверхность, въ видѣ аэролитовъ, метеорной пыли и т. п.

Изъ всѣхъ космическихъ метеоровъ, самый рѣдкій есть паденіе на землю камней съ неба. Объ этихъ явленіяхъ мы находимъ у древнихъ историковъ болѣе или менѣе положительныя свидѣтельства. Однакожь, большинство ученыхъ долгое время отрицало дѣйствительную возможность такихъ паденій камней изъ воздуха. Неутомимые труды Хладни доказали наконецъ, многочисленными фактами, несомнѣнность существованія небольшихъ массъ, которыя, блуждая въ планетныхъ пространствахъ, неоднократно встрѣчались съ землею.

Знаменитый Араго́ помѣстилъ въ IV-мъ томѣ своей «Общепонятной Астрономіи» длинный списокъ паденій аэролитовъ и космической пыли, явленій болидовъ и падающихъ звѣздъ. Тамъ этому предмету посвящена цѣлая книга, къ которой мы и отсылаемъ интересующихся всѣми подробностями. Впрочемъ, мы не можемъ лишить себя удовольствія сказать здѣсь нѣсколько словъ относительно предположеній, придуманныхъ для объясненія упомянутыхъ явленій.

Китайцы очень тщательно записывали случаи паденія аэролитовъ, въ увѣренности что эти явленія находятся въ тѣсной связи съ современными имъ событіями на землѣ и предзнаменуютъ различныя будущія происшествія, иногда счастливыя, но большею частію несчастныя. Не будемъ слишкомъ смѣяться надъ китайцами. Давно ли перестали въ Европѣ побаиваться затмѣній и кометъ! Не прошло еще вѣка съ тѣхъ поръ, какъ парижская академія отрицала возможность паденія камней изъ атмосферы, не смотря на факты, засвидѣтельствованные множествомъ самыхъ достовѣрныхъ очевидцевъ. Излишняя недовѣрчивость бываетъ иногда хуже излишней довѣрчивости, присовокупляетъ Араго́.

Причину метеорныхъ камней не должно искать въ явленіяхъ земной атмосферы: вѣроятно эти камни обращаются въ пространствѣ и встрѣчаются съ землею на годичномъ ея пути вокругъ солнца. Мы выше сказали, что нѣкоторые ученые предполагали аэролиты произведеніями лунныхъ вулкановъ. Разсмотримъ возможность такого предположенія.

Извѣстно, что всѣ земныя тѣла, будучи приподняты, стремятся, силою тяжести, возвратиться на земную поверхность, съ тѣмъ меньшею скоростью, чѣмъ выше при-

поднято тѣло. Въ подобныхъ обстоятельствахъ, лунныя тѣла будутъ точно также падать на поверхность луны.

Вообразимъ теперь прямую линію, соединяющую центръ луны съ центромъ земли. На ней необходимо будетъ находиться мѣсто промежуточное между двумя сейчасъ упомянутыми шарами, въ которомъ тѣла будутъ притягиваться и землею и луною, и поэтому будутъ въ равновѣсіи. По сію сторону отъ сказанной промежуточной точки, всѣ тяжелыя тѣла будутъ падать на землю; по ту сторону точки, они будутъ падать на луну.

Поэтому, для того, чтобы лунное тѣло упало на землю, достаточно, чтобы оно было брошено отъ поверхности нашего спутника съ скоростію, достаточною для перехожденія за предѣлы страны, въ которой тѣла находятся въ равновѣсіи, побуждаемыя противоположными, но равносильными притяженіями земли и луны.

Тяжесть на поверхности луны около шести разъ слабѣе, чѣмъ на поверхности земли; такъ что скачокъ въ 1 футъ вышиною на землѣ, при употребленіи того же самаго усилія мышцъ, на лунѣ, равнялся бы приблизительно 6-ти футамъ. Значитъ, вопросъ заключается въ томъ, возможно ли дать тѣлу достаточную скорость, чтобы, будучи брошено съ лунной поверхности, оно не возвращалось бы на нее? Такой вопросъ могъ быть подвергнутъ вычисленію. Оно показало, что по малости объема и массы луны и по отсутствію атмосферы вокругъ этого свѣтила, тѣло, стремящееся по направленію къ землѣ, войдетъ въ ея сферу притяженія, если оно будетъ брошено съ луны съ скоростію 2,500 метровъ въ секунду.

Такая скорость не превосходитъ скорости съ которою движутся тѣла, выбрасываемыя земными вулканами. Напримѣръ, Котопахи, въ Америкѣ, выбрасывалъ иногда раскаленные камни еще съ бо́льшею силою. Вѣроятно,

что подобную силу могутъ также производить и искусственные составы, извѣстные въ химіи подъ названіемъ *гремучихъ*, такъ-что, не смотря на всю кажущуюся съ перваго взгляда странность, луножители могли бы находиться въ ежедневныхъ сношеніяхъ съ землею, помощію метательныхъ снарядовъ.

Когда, въ началѣ текущаго вѣка, Ольберсъ, Лапласъ, Пуассонъ и Біо занялись сейчасъ сказанными соображеніями, то они имѣли въ виду повѣрить мнѣніе Терцаго, высказанное въ 1660 году, относительно происхожденія изъ луны твердыхъ массъ, падавшихъ по временамъ на землю.

Изъ приведенныхъ выше результатовъ явствуетъ возможность принадлежности аэролитовъ лунѣ. Нѣкоторыя обстоятельства, указанныя химическимъ разложеніемъ, казалось, подтверждали такой выводъ. Напримѣръ, отсутствіе окисленнаго желѣза указывало, что первобытное мѣсторожденіе этихъ тѣлъ не окружалось атмосферою, содержащею въ себѣ кислородъ. Настаивали также на сходствѣ состава аэролитовъ, объясняя его сходствомъ происхожденія. Но послѣдній аргументъ потерялъ свою силу, какъ скоро Ложье обнародовалъ разложеніе аэролита, упавшаго въ Жювена́, въ 1821 году. Этотъ аэролитъ не содержалъ даже слѣдовъ никкеля, металла, составляющаго весьма замѣтную часть камней, упавшихъ въ другихъ мѣстностяхъ.

Въ-самомъ-дѣлѣ, какъ уподобить метеорное желѣзо, изъ котораго ковали оружіе; камнямъ, представляющимъ въ своемъ изломѣ простое скопленіе землистыхъ веществъ и кое гдѣ разсѣянныя частички металла? Аэролиты представляютъ химическіе составы, указывающіе на извѣстное различіе въ происхожденіи. Вотъ что говоритъ по

этому предмету профессоръ Раммельсбергъ (въ гумбольдтовомъ космосѣ):

«Собственно такъ называемые метеорные камни раздѣляются, по внѣшнему ихъ виду, обыкновенно на два класса. Одни содержатъ въ своей массѣ, повидимому однородной, крупинки и листочки метеорнаго желѣза, притягивающагося магнитомъ, и представляющаго совершенно тѣ же свойства, какъ и аэролиты изъ этого вещества. Второй классъ свободенъ отъ всякой металлической примѣси и представляется скорѣе подъ видомъ кристаллической смѣси различныхъ минеральныхъ веществъ.

«Послѣ первыхъ химическихъ анализовъ метеорныхъ камней, сдѣланныхъ Ховардомъ, Клапроттомъ и Вокленемъ, долгое время никому не приходило въ голову, что эти тѣла могли представлять совокупность различныхъ соединеній. Когда Моосъ обратилъ вниманіе на сходство нѣкоторыхъ аэролитовъ съ земными камнями, то Норденшильдъ взялся доказать, что аэролитъ Лонталара, въ Финляндіи, былъ смѣсью оливина, левцита и магнитнаго желѣза; но Густаву Ро́зе мы обязаны прекрасными наблюденіями, доказавшими, что камень въ Жювена̀ состоялъ изъ магнитнаго колчедана, авгита и полеваго шпата, весьма похожаго на лабрадоръ. Руководимый этими результатами, Берцеліусъ, подобно Густаву Ро́зе, помощію химическаго анализа, изслѣдовалъ минеральный составъ различныхъ соединеній, представляемыхъ аэролитами Бланско, Шатоннэ и Алэ. Обширный трудъ шведскаго химика явился въ 1834 году. Впослѣдствіи времени, многіе ученые слѣдовали по пути, счастливо проложенному Берцеліусомъ.

«Въ первомъ и многочисленнѣйшемъ классѣ собственно метеорныхъ камней, содержащихъ частицы металлическаго желѣза, этотъ металлъ существуетъ, то разсѣянными мелкими частичками, то болѣе значительными массами, пред-

ставляющими иногда видъ желѣзнаго остова и составляющими переходъ отъ аэролитовъ, не содержащихъ никакой металлической примѣси, къ массамъ метеорнаго желѣза, въ которыхъ, какъ въ *палласовой*, исчезаютъ всѣ прочія начала.

«Гораздо малочисленнѣйшій второй классъ изученъ еще менѣе. Здѣсь видимъ аэролиты, изъ которыхъ одни содержатъ магнитное желѣзо, оливинъ и небольшое количество полевошпатовыхъ и авгитовыхъ веществъ; другіе состоятъ единственно изъ этихъ двухъ послѣднихъ простыхъ минераловъ, и полевой шпатъ представляется въ нихъ анортитомъ.

«Метеорные камни втораго класса, вслѣдствіе присутствія оливина,—богаты магнезіею; оливинъ есть элементъ, разлагающійся при дѣйствіи кислотъ на аэролитъ. Метеорный оливинъ, подобно обыкновенному, есть кремнекислая соль магнезіи и закиси желѣза. Часть, противящаяся дѣйствію кислотъ есть смѣсь полевошпатовыхъ и авгитовыхъ веществъ, которыхъ сущность можно опредѣлить только вычисленіемъ составныхъ элементовъ — лабрадора, роговой обманки, авгита и олигоклаза.

«Хромокислое желѣзо, происходящее отъ соединенія закиси желѣза съ хромовою кислотою, находится, въ небольшомъ количествѣ, почти во всѣхъ метеорныхъ камняхъ. Кислоты фосфорная и титановая, открытыя въ замѣчательномъ камнѣ изъ Жювена̀, могутъ вести къ подозрѣнію присутствія апатита и титанита.»

Если не должно совершенно отрицать, что нѣкоторые аэролиты могутъ происходить изъ лунныхъ вулкановъ, то необходимо допустить, что нерѣдко происхожденіе ихъ зависитъ отъ другихъ причинъ. Въ планетныхъ пространствахъ можетъ существовать нѣчто въ родѣ болѣе или менѣе толстаго кольца̀, составленнаго изъ тѣлъ, одаренныхъ

быстрымъ обращательнымъ движеніемъ вокругъ солнца. Это кольцо можетъ пересѣкать плоскость эклиптики на извѣстной ширинѣ, и когда земля приходитъ къ этимъ странамъ, она встрѣчаетъ нѣкоторыя изъ этихъ блуждающихъ массъ, и, подвергая ихъ своему притяженію, заставляетъ ихъ падать на свою поверхность: при чемъ, проходя сквозь земную атмосферу, они нерѣдко испытываютъ мгновенное раскаленіе. Не возможно ли также допустить большаго числа малыхъ тѣлъ, разсѣянныхъ въ пространствѣ и образующихъ, внутри солнечной системы, родъ туманности, которой различные элементы, въ нѣкоторыхъ мѣстахъ дальше другъ отъ друга, чѣмъ въ другихъ?

Въ этихъ ипотезахъ должна бы встрѣчаться извѣстная періодичность явленій паденія аэролитовъ. Совокупляя въ одну таблицу всѣ достовѣрные случаи паденія аэролитовъ и метеорной пыли, времена которыхъ обозначены, мы найдемъ 206 явленій такого рода, для которыхъ мѣсяцъ когда они случились извѣстенъ. Распредѣляя ихъ помѣсячно, мы найдемъ, что метеоры падаютъ на нашу планету, въ мѐньшемъ количествѣ (среднимъ числомъ по 16-ти въ мѣсяцъ) отъ декабря по іюнь, и въ бо́льшемъ количествѣ (среднимъ числомъ по 19 въ мѣсяцъ) отъ іюля до ноября. Наибольшее число паденій представляютъ мѣсяцы мартъ, май, іюль, октябрь и ноябрь. По этому, земля, обращаясь по своей орбитѣ вокругъ солнца, встрѣчаетъ болѣе аэролитовъ, идучи отъ афелія къ перигелію, или отъ лѣтняго солнцестоянія къ зимнему; чѣмъ идучи отъ перигелія къ афелію, или отъ зимняго солнцестоянія къ лѣтнему.

Должно, впрочемъ, замѣтить, что паденія аэролитовъ, наблюденныя въ странахъ, гдѣ образованность заставляетъ вести историческія лѣтописи, могутъ быть только частью общаго числа явленій этого рода, которыхъ существованіе было бы несомнѣнно доказано, еслибы находились по-

стоянные наблюдатели на всей поверхности морей и на всѣхъ частяхъ суши. Какъ бы то нибыло, разсмотрѣніе каталога явленій побуждаетъ допустить нетолько извѣстную ихъ періодичность, смотря по положенію земли на эклиптикѣ, но еще періодичность между извѣстными годами, такъ-что паденія аэролитовъ случаются вдругъ весьма часто, послѣ долгихъ промежутковъ, въ теченіе которыхъ эти метеоры являлись довольно рѣдко.

Паденія аэролитовъ вовсе не такъ рѣдки, чтобы отъ нихъ не происходили случаи, занесенные въ лѣтописи.

Въ каталогѣ падающихъ звѣздъ и другихъ метеоровъ, замѣченныхъ въ Китаѣ, каталогѣ, составленномъ трудами Эдуарда Біо́, мы читаемъ, что, 14-го января 616 года по Р. Хр., въ Китаѣ, упавшій съ неба камень убилъ десять человѣкъ и раздробилъ нѣсколько телѣгъ.

Шведскій капитанъ Олай-Эриксонъ Вильманъ, служившій волонтеромъ въ голландской остъ-индской компаніи, говоритъ, въ *Сборникѣ*, напечатанномъ въ 1674 году, что, находясь въ морѣ, онъ былъ свидѣтелемъ какъ круглякъ въ 4 килограмма вѣсомъ упалъ на палубу корабля, шедшаго подъ всѣми парусами и убилъ двухъ человѣкъ.

Около того же времени, въ Миланѣ, упавшимъ камнемъ убитъ францисканскій монахъ.

Химикъ Ложьѐ оставилъ образчикъ метеорнаго камня, вмѣстѣ съ запискою, въ которой значилось, что этотъ аэролитъ упалъ со взрывомъ, близъ Рокфорда, въ Америкѣ; что онъ раздробилъ хижину, убилъ жившаго въ ней крестьянина и бывшую тутъ скотину, и пробилъ въ землѣ отверзтіе въ сажень глубиною.

Метеорнымъ камнямъ приписываютъ также пожары нѣкоторыхъ жилыхъ зданій. Эти факты связываются съ ипотезою, что многіе изъ метеорныхъ камней, при прохожденіи чрезъ атмосферу земли, воспламеняются. Вполнѣ

достовѣрно, что нѣкоторымъ паденіямъ аэролитовъ предшествовало появленіе огненныхъ шаровъ или *болидовъ*, внезапно исчезнувшихъ съ сильнымъ взрывомъ и раздробленіемъ на весьма большое число осколковъ, находимыхъ разсѣянными на большихъ протяженіяхъ. Одно изъ важнѣйшихъ явленій этого рода представляетъ паденіе камней въ Эглѣ, случившееся 26-го апрѣля 1803 г. Около часа по полудни, изъ Ка̀на (Caen), Понтъ-Одемэра (Pont-Audemer), окрестностей Алансона, Фалеза и Вернейля, замѣтили весьма блестящій огненный шаръ. Нѣсколько мгновеній позже, услышали въ Эглѣ и на протяженіи 30 льё въ окружности сильный взрывъ, и камни были брошены, по опредѣленію Біо́, на эллиптическую поверхность, имѣвшую около 10-ти верстъ длины и около 4-хъ верстъ ширины. Большая ось этого эллипса направлялась отъ ю.-в. къ с.-з. Самый большой изъ найденныхъ камней вѣсилъ $8\frac{1}{2}$ килограммовъ. Ни одинъ изъ упавшихъ камней не былъ раскаленнымъ въ то время, когда былъ поднятъ, и эти камни распространяли сильный запахъ сѣры.

Аэролиты, упавшіе въ Браунау 14-го іюля 1847, были столь горячи, шесть часовъ спустя послѣ ихъ паденія, что до нихъ нельзя было дотронуться, не подвергаясь обжогѣ.

Вышеприведенные факты не оставляютъ никакого сомнѣнія относительно возможности пожаровъ, причиненныхъ паденіями метеорныхъ камней, даже въ тѣхъ случаяхъ, когда эти камни не были отъискиваемы послѣ происшествія.

Вѣсъ аэролитовъ бываетъ иногда весьма значителенъ и вполнѣ объясняетъ возможность весьма опасныхъ случаевъ. Мы упомянемъ здѣсь преимущественно объ аэролитахъ: въ Вуле (1831), вѣсившемъ 20 килограммовъ; въ Шантоннэ (1812), вѣсомъ 34 килограмма; въ Жювена́ (1821), въ 92 килограмма; въ Энсисхеймѣ (1492), вѣсомъ

въ 138 килограммовъ. Аэролитъ, упавшій въ Санта-Роза, въ Новой-Гренадѣ, по дорогѣ изъ Памплона въ Боготу, вѣситъ, по описанію Буссенго и Маріано де-Риверо, 750 килограммовъ: объемъ его составляетъ около $^1/_{10}$ кубическаго метра. Въ окрестностяхъ мѣста, гдѣ упала эта масса, оба ученые путешественники нашли нѣсколько метеорныхъ обломковъ, имѣющихъ одинаковый составъ съ главною массою, именно 92 ч. желѣза и 8 ч. никкеля. Эта большая масса имѣла неправильный и пещеристый видъ, безъ всякой стекловатой оболочки.

Огненные шары и болиды являются внезапно и столь же внезапно исчезаютъ, проблиставъ нѣсколько секундъ яркимъ свѣтомъ. Форма ихъ круглая и они представляютъ чувствительный кажущійся діаметръ. Они вообще освѣщаютъ горизонтъ свѣтомъ слабѣе луннаго. Нерѣдко они оставляютъ за собою родъ полосы, видимой въ теченіи болѣе или менѣе долгаго времени. Иногда они разсыпаются на обломки, продолжающіе свой путь и вскорѣ угасающіе: нѣкоторые изъ такихъ обломковъ составляютъ аэролиты, находимые на поверхности земли.

Изъ числа восьми сотъ наблюденныхъ болидовъ, о которыхъ свѣдѣнія сохранились въ лѣтописяхъ науки, мы находимъ 35, изъ которыхъ упали аэролиты въ присутствіи очевидцевъ. Не смотря на малость отношенія этихъ двухъ чиселъ, мы не можемъ отказаться отъ мысли объ одинаковости происхожденія обоихъ явленій. Впрочемъ, нѣкоторыя паденія аэролитовъ не были предшествуемы появленіемъ свѣтлыхъ болидовъ; камни падали иногда съ неба при совершенно ясной погодѣ, чему примѣромъ можетъ служить большой аэролитъ, упавшій въ Клейнвенденѣ, 16-го сентября 1843 года. Напротивъ того, въ другихъ случаяхъ, аэролиты падали на землю вслѣдствіе оглушительныхъ взрывовъ, вылетавшихъ изъ небольшихъ темныхъ облаковъ, внезапно явившихся среди яснаго неба; напримѣръ аэролитъ, упавшій въ Браунау 14-го іюля 1847 года.

Минуло около полувѣка съ того времени, какъ начали наблюдать явленія падающихъ звѣздъ, съ извѣстнаго рода точностью. По мѣрѣ того, какъ эти наблюденія дѣлались строже и послѣдовательнѣе, начали убѣждаться, до какой степени эти мнимыя атмосферныя явленія, эти предполагаемыя полосы воспламененнаго водорода, заслуживаютъ вниманія астрономовъ. Ихъ параллаксъ указывалъ имъ мѣсто далеко за чувствительными предѣлами нашей атмосферы. Было дознано, что если они воспламеняются, приближаясь къ нашей планетѣ, то все-таки они не родились въ воздушныхъ слояхъ, окружающихъ нашъ шаръ, а пришли извнѣ, слѣдуя направленію, повидимому, діаметрально противоположному поступательному движенію земли на ея орбитѣ.

Не проходитъ ни одной ночи безъ явленія падающихъ звѣздъ. Если для наблюдателя, не слѣдящаго непрерывнымъ образомъ за явленіями этихъ метеоровъ, уже довольно трудно опредѣлить въ обыкновенныхъ случаяхъ ихъ бо̀льшую или мѐньшую частость, то иногда падающія звѣзды являются въ такомъ числѣ и одновременно въ столь различныхъ частяхъ неба, что счисленіе ихъ становится почти совершенно невозможнымъ.

Въ заключеніе этого примѣчанія, мы сообщимъ нѣкоторыя историческія свѣдѣнія относительно объясненія космическихъ метеоровъ.

Въ жизнеописаніи Лизандера, Плутархъ говоритъ: «Нѣкоторые философы полагаютъ, что падающія звѣзды не происходятъ изъ частичекъ отдѣлившихся отъ эѳира и угасающихъ въ воздухѣ тотчасъ по своемъ воспламененіи. Онѣ не рождаются также отъ сгаранія воздуха, ко-

торый въ большомъ количествѣ растворяется въ верхнихъ странахъ. Это скорѣе *падающія небесныя тѣла*, то-есть такія, которыя, извѣстнымъ образомъ, ускользнувъ отъ силы всеобщаго вращенія, падаютъ за тѣмъ неправильно, не только на обитаемыя мѣстности земли, но и на великое море, гдѣ ихъ невозможно отъискать.

Этотъ взглядъ весьма близокъ къ нынѣшнимъ идеямъ относительно происхожденія космическихъ метеоровъ.

Въ другомъ отрывкѣ изъ Діогена Аполлонійскаго, мы находимъ еще яснѣе выраженное мнѣніе новѣйшихъ, относительно круговращенія упомянутыхъ метеоровъ въ пространствѣ, прежде чѣмъ они сдѣлаются видимыми, загораясь или падая на нашу планету. Аполлонійскій философъ говоритъ:

«Между видимыми звѣздами, движутся также звѣзды невидимыя, которымъ поэтому и недано названій. Онѣ нерѣдко падаютъ на землю и угасаютъ, подобно *каменной звѣздѣ*, упавшей воспламененною близъ Эгосъ-Потамосэ.»

Конечно, къ этимъ точнымъ идеямъ присоединяются ложныя ипотезы, происходящія особливо отъ духа системы, въ теченіи вѣковъ указывавшаго земное происхожденіе для всѣхъ явленій и заставлявшаго считать землю за центральное тѣло вселенной, отъ котораго все происходитъ и къ которому все относится.

Объясненіе воспламененія космическихъ метеоровъ, заключающееся въ допущеніи соединенія ихъ вещества съ веществомъ нашей атмосферы, вслѣдствіе возвышенія температуры, причиненнаго сопротивленіемъ воздуха и огромною скоростію съ которою движутся болиды и падающія звѣзды, нашло возраженіе въ весьма большой высотѣ, на которой обнаруживаются многія изъ этихъ явленій. Но немудрено обойти это затрудненіе и найти причины для объясненія, какимъ-образомъ горючія вещества могутъ загараться далеко за послѣдними слоями воздушной оболочки нашей планеты. Пуассонъ, въ своихъ *Изслѣдованіяхъ о вѣроятности сужденій*, выражается объ этомъ предметѣ слѣдующимъ образомъ:

«На разстояніи отъ земли, гдѣ плотность атмосферы совершенно нечувствительна, трудно приписывать (какъ то дѣлаютъ) раскаленіе аэролитовъ тренію ихъ о частички воздуха. Не лучше ли предположить, что электрическая жидкость, въ неутральномъ состояніи, образуетъ родъ атмосферы, простирающейся далеко за предѣлы воздуха, но подверженной притяженію земли, хотя физически невѣсомой и слѣдующей за землею въ ея движеніяхъ? Въ этой ипотезѣ, тѣла, о которыхъ идетъ рѣчь, вступая въ ту невѣсомую атмосферу, будутъ разлагать неутральную жидкость, вслѣдствіе неравенства ихъ дѣйствія на оба электричества; а электризуясь, они нагрѣваются и становятся раскаленными».

Такъ-какъ явленія, представляемыя космическими метеорами непостоянны, то естественно допустить, что обнаруживаніе ихъ зависитъ отъ различныхъ причинъ. Въ письмѣ своемъ къ Кетлэ, директоръ билькской обсерваторіи (близъ Дюссельдорфа), Шмидтъ справедливо замѣчаетъ, что въ метеорахъ переходы отъ самаго яркаго цвѣта къ желтому, къ желтоватокрасному, къ зеленому и къ туманносѣрому, а также разность цвѣта между хвостомъ и собственно такъ-называемымъ тѣломъ падающей звѣзды, обнаруживаютъ различія химическаго состава, заставляющія полагать, что не всѣ падающія звѣзды имѣютъ одинаковое сложеніе. Полосы или хвосты заслуживаютъ не меньшаго вниманія, продолжаетъ тотъ же астрономъ. Удивительное дѣло! Хвосты эти бываютъ то совершенно прямые, съ параллельными краями; то шире и блестящее къ срединѣ; то шире и блестящее въ томъ мѣстѣ, гдѣ метеоръ исче-

заетъ. Быстрѣйшее ослабленіе свѣта, случающееся иногда посрединѣ этихъ хвостовъ, кажется подтверждаетъ вообще неоднократно высказанное предположеніе, что упомянутые хвосты имѣютъ форму пустыхъ конусовъ или цилиндровъ.

Многіе физики и астрономы предполагали, что существуетъ извѣстнаго рода связь между великими появленіями космическихъ метеоровъ и сѣверными сіяніями. Но соотвѣтственность обоихъ явленій слишкомъ рѣдко была наблюдаема точнымъ образомъ, чтобы допустить упомянутый фактъ за доказанный.

Направленія большихъ потоковъ падающихъ звѣздъ бываютъ обыкновенно діаметрально противоположны направленію поступательнаго движенія земли по ея орбитѣ. Это замѣчаніе приводитъ насъ къ заключенію, что, продолжая касательныя къ земной орбитѣ до точекъ, въ которыхъ находится земля въ каждое мгновеніе, мы должны встрѣтить на небесномъ сводѣ созвѣздіе, изъ котораго звѣзды кажутся исходящими. Случается иногда замѣчать нѣсколько исходныхъ точекъ, не всегда находящихся въ одномъ и томъ же созвѣздіи; изъ этого должно заключить, что кучи метеоровъ образуютъ отдѣльныя кольца вокругъ солнца. Александръ Гумбольдтъ говоритъ, что, для августовскаго періода, Хейсъ нашелъ, кромѣ главнаго центра (Алголя, въ созвѣздіи Персея), еще два другихъ центра — въ Драконѣ и въ сѣверномъ полюсѣ.

Новѣйшія наблюденія, сильно умножившіяся съ тѣхъ-поръ какъ Гумбольдтъ и Араго обратили вниманіе на важность явленія, стремятся, впрочемъ, доказать, что два направленія, даваемыя линіями, соединяющими землю съ созвѣздіями Персея и Льва, все-таки играютъ большую роль въ происхожденіи падающихъ звѣздъ. Гумбольдтъ, по этому поводу, приводитъ слѣдующую выписку изъ письма, полученнаго имъ отъ Шмидта, изъ Бонна:

«Если отложить въ сторону большіе потоки падающихъ звѣздъ, случившіеся въ ноябрѣ мѣсяцѣ 1833 и 1834 годовъ, равно какъ нѣсколько другихъ того же рода, въ которыхъ созвѣздіе Льва испускало истинныя тучи метеоровъ, я нынѣ расположенъ считать точку исхода, находящуюся въ Персеѣ, за ту, которая доставляетъ намъ нетолько въ августѣ, но и въ теченіи цѣлаго года, наибольшее число метеоровъ. Принявъ за основаніе вычисленій 478 наблюденій Хейса, я нахожу, что упомянутая точка находится въ 50° прямаго восхожденія и 51° склоненія: это прилагается къ годамъ 1844, 1845 и 1846. Въ ноябрѣ 1849, съ 7 по 14 число, я видѣлъ около 200 падающихъ звѣздъ болѣе, чѣмъ я замѣтилъ ихъ въ ту же самую эпоху, начиная съ 1841. Между этими звѣздами только нѣкоторыя выходили изъ Льва, но самое большое число принадлежало Персею. Изъ этого, по моему мнѣнію, слѣдуетъ, что блестящее ноябрьское явленіе 1799 и 1833 годовъ не повторялось съ тѣхъ-поръ. Ольберсъ также подозрѣвалъ, что эти большія явленія повторяются только по истеченіи 34-хъ лѣтнихъ періодовъ. Если будемъ разсматривать періодическія явленія этихъ метеоровъ и ихъ траекторіи, то можемъ сказать, что нѣкоторыя точки исхода остаются постоянными, но что другія изъ нихъ измѣняются и бываютъ спорадическими».

Кажущіяся движенія падающихъ звѣздъ бываютъ иногда прямыми, а иногда попятными, то-есть, вмѣсто-того, чтобы исходить изъ Льва, звѣзды кажутся иногда направляющимися къ этому созвѣздію. Вальцъ справедливо обратилъ вниманіе на эту особенность явленія, которую нельзя объяснить иначе, какъ допустивъ, что прямое абсолютное движеніе астероидныхъ колецъ, обращающихся около солнца, бываетъ то нѣсколько медленнѣе, то нѣсколько быстрѣе движенія земли.

Различныя астероидныя кольца, окружающія солнце, могутъ имѣть весьма различные составы и представлять весьма неодинаково плотныя массы. Но, во всѣхъ случаяхъ, хотя эти тѣла становятся вообще для насъ видимыми только приближаясь къ нашей планетѣ, они должны однакожъ пролагаться на дискѣ лучезарнаго свѣтила. Солнечный дискъ помрачается иногда временно, и свѣтъ его ослабляется до такой степени, что въ самый полдень бываютъ видны звѣзды. Гумбольдтъ весьма справедливо припоминаетъ, что явленіе такого рода, которое нельзя объяснить ни туманами, не вулканическимъ пепломъ, случилось въ 1547 году, въ эпоху бѣдственной битвы при Мюльбергѣ и продолжалось въ теченіи 3-хъ дней. Кеплеръ отъискивалъ причину этого явленія сперва въ *кометной матеріи*, потомъ въ черномъ облакѣ дыма, порожденнаго самымъ тѣломъ солнца, заслонившимъ отъ насъ лучезарный ликъ свѣтила. Хладни и Шнурреръ приписывали прохожденію метеорныхъ массъ предъ солнечнымъ дискомъ подобныя же явленія 1090 и 1208 годовъ, продолжавшіяся — первое 3 часа, а второе 6 часовъ.

Мессьѐ говоритъ, что 17 іюля 1777 года, около полудня, онъ видѣлъ въ теченіи 5-ти минутъ прохожденіе по солнцу чрезвычайнаго множества черныхъ шариковъ. Не составлялиль эти шарики части одного изъ астероидныхъ колецъ, на существованіе которыхъ указываютъ всѣ наблюденія космическихъ метеоровъ? Два другія помраченія солнца, случившіяся въ началѣ февраля 1106 года и 12 мая 1706, въ теченіи котораго, около 10 часовъ утра, наступила такая темнота, что летучія мыши появились въ воздухѣ и должно было зажечь свѣчи: эти помраченія едва ли могутъ быть объяснены другимъ образомъ. Нѣкоторые астрономы, между прочими Эрманъ и Пти, заключили, съ нѣкоторою вѣроятностью, что причина пониженій температуры, періодически повторяющихся въ февралѣ и въ маѣ каждаго года, можетъ заключаться въ прохожденіи между землею и солнцемъ большаго количества астероидовъ, составляющаго значительную толщу одного изъ космическихъ колецъ, о которыхъ мы говорили.

Итакъ, тѣла, которыхъ существованіе открывалось намъ только явленіями раскаленія, при сближеніи съ нашею планетою, обнаруживаются намъ потемненіемъ лучезарнаго свѣтила, фокуса всѣхъ планетныхъ орбитъ. Но если эти тѣла образуютъ кольца извѣстной плотности, то почему же они не становятся намъ видимыми, по-крайней-мѣрѣ въ своей совокупности, чрезъ отраженіе солнечнаго свѣта? Доминикъ Кассини, изучая зодіакальный свѣтъ, былъ приведенъ къ допущенію существованія огромной туманности, развитой кругообразно вокругъ солнца, на большое разстояніе и почти въ плоскости солнечнаго экватора. По его мнѣнію, тѣла этой туманности, встрѣчаясь съ нашимъ шаромъ, на его пути вокругъ солнца, рождаютъ всѣ космическіе метеоры, о которыхъ мы упоминали.

---

33. (Стр. 74).

Рѣшеніе вопроса о теоріяхъ свѣта.

Вопросъ о *существѣ* свѣта уже давно занимаетъ физиковъ. Движеніе свѣта должно совершаться однимъ изъ двухъ путей — *поступательнымъ* или *дрожательнымъ*. Физики, допускавшіе что свѣтъ движется въ пространствѣ

поступательно, предполагали что изъ солнца и другихъ свѣтящихъ тѣлъ истекаетъ свѣтоносная жидкость, распространяющаяся безвозвратно во всѣ стороны и дѣлающая предметы видимыми: это *теорія истеченій*, обязанная ученою обработкою великому Ньютону. Другіе принимали теорію *дрожаній*, *сотрясеній* или *волненій*. По мнѣнію послѣднихъ физиковъ, свѣтовое существо претерпѣваетъ только чрезвычайно малыя перемѣны мѣста, родъ попеременныхъ движеній, помощію которыхъ оно послѣдовательно и въ одно мгновеніе удаляется отъ свѣтящаго тѣла и вслѣдъ за тѣмъ, въ слѣдующее мгновеніе, вновь приближается къ нему на тоже самое разстояніе, и такія поперемѣнныя движенія повторяются огромное число разъ въ весьма короткій промежутокъ времени. Согласно съ этою теоріею, свѣтовое существо совершенно независимо отъ свѣтящаго тѣла: оно производитъ свѣтъ въ состояніи дрожанія; но въ состояніи покоя остается несвѣтящимъ, точно какъ воздухъ, въ состояніи покоя, остается незвучащимъ.

Изъ этихъ двухъ системъ, одна необходимо должна быть ложною.

Явленіе *интерференцій* не можетъ быть объяснено теоріею истеченій; напротивъ того, оно хорошо объясняется теоріею волненій: слѣдовательно, вѣроятность истины выпадаетъ на послѣднюю теорію.

Въ сочиненіяхъ древнихъ философовъ мы встрѣчаемъ зачатки упомянутой нами теоріи волненій; но эта теорія оставалась въ младенческомъ застоѣ до временъ Кеплера, Галилея, Декарта, Гримальди, Хука, Гюйгенса и Эйлера, подготовившихъ своими изысканіями торжество теоріи волненій.

Интерференція, нанесшая первый рѣшительный ударъ

теоріи истеченій, открыта Юнгомъ въ 1801 году. Труды Френеля и Араго въ особенности развили намъ теорію волненій. Для того, чтобы обозначить неизвѣстную намъ средину, въ которой совершаются свѣтовыя волненія или дрожанія, согласились допустить существованіе особаго рода невѣсомой жидкости, до безконечности тонкой и упругой, и разлитой по всему пространству вселенной. Эту жидкость назвали—*эѳиромъ*, въ ожиданіи другаго приличнѣйшаго названія: она проникаетъ всѣ тѣла природы, занимая промежутки между вѣсовыми атомами. Впрочемъ, здѣсь не мѣсто распространяться объ особенностяхъ всѣхъ свойствъ приписываемыхъ эѳиру.

Въ 1838 году, знаменитый Фр. Араго указалъ на возможность рѣшить вопросъ между теоріями свѣта прямымъ опытомъ. Онъ предложилъ измѣрить сравнительную скорость свѣта въ воздухѣ и въ другой плотнѣйшей жидкости, напримѣръ, въ водѣ. По теоріи волненій, свѣтъ долженъ двигаться въ воздухѣ быстрѣе, чѣмъ въ водѣ; совершенно другое должно быть по теоріи истеченій. По этой послѣдней, въ то самое время когда лучъ пробѣжитъ въ водѣ 1, онъ пробѣжитъ въ воздухѣ только $^3/_4$; а по теоріи дрожаній, онъ, въ тотъ же самый промежутокъ времени, долженъ пройти въ воздухѣ разстояніе равное $^4/_3$ или $1^1/_3$.

Помощію чрезвычайно остроумнаго механизма, въ которомъ главную роль играетъ чрезвычайно-быстро вертящееся зеркальцо (дѣлающее отъ 400 до 2,000 оборотовъ въ секунду), извѣстные физики Физо и Бреге, въ маѣ 1850 года, осуществили опытъ, давно предложенный знаменитымъ секретаремъ парижской академіи наукъ, но котораго самъ Араго не могъ исполнить за слабостію зрѣнія и другими уважительными причинами. Этотъ опытъ,

произведенный, какъ отдѣльно, такъ и одновременно надъ лучами, прошедшими сквозь воздухъ и воду, далъ положительный результатъ, что скорость движенія свѣта въ водѣ менѣе скорости движенія его въ воздухѣ, что прямо говоритъ въ пользу теоріи волненій и противорѣчитъ теоріи истеченій.

Независимо отъ упомянутыхъ физиковъ, Фуко еще нѣсколько времени ранѣе, помощію подобнаго же снаряда, пришелъ къ совершенно такимъ же результатамъ.

Въ настоящее время, теорію истеченій, не смотря на великое имя Ньютона, можно считать совершенно опровергнутою.

ИИ. (Стр. 92).

О сплюснутости земли, выведенной изъ градусныхъ измѣреній, мы подробно сказали въ примѣчаніяхъ къ первому тому этой книги.

II. (Стр. 93).

О глубинѣ морей и высотѣ суши.

Человѣческій умъ невольно стремится сближать глубину морей съ высотами суши. Еще у древнихъ мы находимъ различныя соображенія по этому предмету. По словамъ Плутарха (въ жизнеописаніи Павла-Эмилія), на горѣ Олимпѣ находилась надпись, указывавшая на выводы,

сдѣланные Ксенагоромъ: «Геометры полагаютъ, что нигдѣ высота горъ и глубина моря не превосходятъ десяти стадій (около 865 сажень)». Клеомедъ выражалъ тоже мнѣніе, увеличивъ, однакожъ, этотъ *максимумъ* на половину. Гумбольдтъ, въ свою очередь, изъ совокупности всѣхъ новѣйшихъ данныхъ, выводитъ что глубина морей въ 5 или въ 6 разъ болѣе средняго возвышенія материковъ. Томасъ Юнгъ, изъ теоріи приливовъ, теорически выводилъ среднюю глубину океана въ 4,800 метровъ. На этой же цифрѣ остановился и Добюиссонъ.

Наибольшія донынѣ измѣренныя глубины океановъ представлены въ слѣдующей таблицѣ:

Глубины.	Широты.	Долготы.	Наблюдатели.
14091 метр.	36°49′ Ю.	39°26′ З.	Денхэмъ.
10422	31 59 С.	61 3 З.	Уэльшъ.
8823	32 6 С.	47 7 З.	Баронъ.
8412	13 3 С.	25 14 З.	Джемсъ Россъ.
5368	27 0 Ю.	31 20 З.	Гольдсборо.

Глубина въ 14,091 метръ найдена Денхэмомъ, командиромъ судна *Herald*, 30-го октября 1852 г. Она превосходитъ 5,499 метрами вышину Кингинджинги, высочайшей изъ земныхъ горъ. Отъ вершины этой горы, до упомянутой глубины, вертикальное разстояніе равняется 22,683 метра: слѣдовательно, оно болѣе чѣмъ избытокъ экваторіальнаго радіуса надъ полярнымъ (т. е. болѣе чѣмъ 21,318 метровъ).

Новѣйшіе выводы средней высоты материковъ даютъ цифру 306 метровъ, и это число не можетъ сильно измѣниться, вслѣдствіе ближайшаго знакомства съ тѣми частями суши, которыя, въ наше время, еще неудовлетворительно изучены.

Знаменитый авторъ «*Изложенія Системы Міра*» оцѣнивалъ среднюю высоту материковъ и острововъ въ 1000 метровъ. Но великій геометръ представляетъ этотъ выводъ только какъ *высшій предѣлъ*. Онъ утверждалъ только, что обширные материки могли выдвинуться изъ океана, не причинивъ значительныхъ измѣненій въ фигурѣ земнаго сфероида, который представляетъ замѣчательную особенность, что, несмотря на высоту нѣкоторыхъ отдѣльныхъ вершинъ, поверхность его мало разнится отъ той, которую бы приняла земля, сдѣлавшись жидкою.

КК. (Стр. 101).

Возрастаніе температуры по мѣрѣ углубленія внутрь земной коры.

Этотъ предметъ весьма подробно разобранъ въ третьемъ томѣ «Notices Scientifiques p. Arago» стран. 316—399. Всѣ новѣйшія наблюденія согласно показываютъ возвышеніе на 1° Ц. на каждые 30 метровъ. Если возрастаніе это продолжается послѣдовательно въ той же прогрессіи, то на глубинѣ отъ 35 до 40 верстъ, самыя огнеупорныя земныя вещества должны находиться въ расплавленномъ состояніи. По изслѣдованіямъ Мичерлиха, платина плавится при 1560°, а гранитъ при 1300°; на глубинѣ же сорока верстъ, температура должна быть выше 1300 градусовъ.

ЛЛ. (Стр. 105).

О плотности земли.

Обширныя изысканія англійскаго астронома Бэли (Baily) показали среднюю плотность земнаго шара равною 5.66. Первые труды Рейха, по этому предмету, пріобрѣтшіе извѣстность въ ученомъ мірѣ, дали цифру 5.45. Впослѣдствіи, послѣ многихъ лѣтъ труда и размышленія, и при помощи счастливаго пріема указаннаго Форбсомъ, Рейхъ повѣрилъ свои опыты, и сообразивъ выводы Бэли, окончательно остановился на рѣшеніи, что средняя плотность земли, = 5.58, принявъ вѣсъ перегнанной воды за 1. Этотъ выводъ долженъ быть весьма близокъ къ истинѣ.

ММ. (Стр. 165).

О поступательномъ движеніи солнца и звѣздъ въ пространствѣ мы говорили въ примѣчаніяхъ къ I-му тому.

НН и ОО (Стр. 165).

Обращеніе двойныхъ звѣздъ вокругъ общаго центра тяготѣнія.

Савари первый показалъ, помощію какихъ вычисленій можно вывести, изъ наблюденій двойныхъ звѣздъ, кривую,

описываемую звѣздою — спутникомъ. Другіе, нѣсколько отличные способы тѣхъ же вычисленій, были представлены Бесселемъ, Энке, Джономъ Гершелемъ, Мэдлеромъ и Ивономъ Вилларсо.

Савари вычислилъ элементы орбиты спутника звѣзды ξ Большой-Медвѣдицы, по собственнымъ своимъ методамъ. Остальныя орбиты вычислены Бесселемъ, Энке, Джономъ Гершелемъ и Вилларсо.

Названія двойныхъ звѣздъ.	Время, въ теченіи котораго меньшая звѣзда совершаетъ полное обращеніе вокругъ большей.	Большая полуось, такъ-какъ бы она была видима перпендикулярно съ земли.	Эксцентрицитетъ орбиты.
ζ Геркулеса........	36 лѣтъ	1″.2	0.44
η Вѣнца...........	43 »	»	»
ξ Большой-Медвѣдицы	58 »	3″.8	0.42
ζ Рака.............	58 »	0″.9	»
α Центавра.........	78 »	12″.1	0.71
70 Офіуха..........	88 »	4″.4	0.47
Касторъ............	253 »	8″.1	0.76
σ Вѣнца............	287 »	3″.7	0.76 (*)
61 Лебедя..........	452 »	15″.4	»
γ Дѣвы.............	629 »	12″.1	0.83
γ Льва............	1200 »	»	»

Между этими звѣздами, спутникъ η Вѣнца, современи перваго опредѣленія Гершелемъ его положенія, прошелъ уже всю окружность своей орбиты и довольно далеко подвинулся во второмъ обращеніи. Старѣйшія наблюденія ξ Большой-Медвѣдицы, какъ двойной звѣзды, отно-

(*) Изслѣдованія В. Я. Струве не согласуются съ этими выводами.

сятся къ 1782 году. Спутникъ ея также совершилъ уже въ глазахъ наблюдателей, полное обращеніе.

Если, случайно, продолженіе плоскости, въ которой заключается орбита малой звѣзды, пройдетъ сквозь землю, то эта орбита представится намъ ребромъ, и звѣзда-спутникъ будетъ, повидимому, двигаться по прямой линіи, проходящей чрезъ большую звѣзду, по обѣимъ ея сторонамъ. Случай такого рода представился астрономамъ.

Уильямъ Гершель открылъ двойственность τ Змѣеносца. Въ эпоху, когда этотъ великій наблюдатель составлялъ свой первый каталогъ сложныхъ звѣздъ, обѣ звѣзды τ Змѣеносца находились на довольно значительномъ разстояніи одна отъ другой. Теперь онѣ такъ точно находятся одна надъ другою, что самъ Струве, помощію большаго Фраунгоферова рефрактора, не могъ замѣтить слѣдовъ двойственности. Что бы сказали Брэдлей, Лакайль, Майеръ, еслибы, въ ихъ время, кто-либо осмѣлился объявить имъ, что въ небѣ, которое они такъ тщательно изучали, случаются затмѣнія или покрытія звѣзды звѣздою?

ζ Оріона представила противоположное явленіе. Уильямъ Гершель рѣшительно считалъ ее простою; теперь же легко различается двойственность этой звѣзды.

Въ γ Дѣвы, плоскость орбиты довольно наклонена къ зрительной линіи, идущей отъ земли, для того чтобы разстояніе между звѣздами, которое въ 1756 году равнялось 6″.5, уменьшилось въ 1829 г. до 1″.8. Съ этихъ поръ, разстояніе опять чувствительно увеличилось.

Отрасль астрономіи, занимающаяся передвиженіями звѣздныхъ системъ, чрезвычайно нова. По этому, нечего удивляться, что мы знаемъ еще весьма немногое объ относительныхъ движеніяхъ тройныхъ звѣздъ. Впрочемъ,

наблюденія показали, что въ ζ Рака двѣ малыя звѣзды обращаются вокругъ главной. ψ Кассіопеи, состоящая изъ довольно блестящей звѣзды, сопровождаемой двумя малыми, чрезвычайно близкими другъ къ другу, вѣроятно покажетъ, что обѣ малыя звѣзды обращаются одна около другой, и потомъ обѣ вмѣстѣ вокругъ главной звѣзды.

КОНЕЦЪ ПРИМѢЧАНІЙ ВТОРАГО И ПОСЛѢДНЯГО ТОМА.